

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
5. August 2010 (05.08.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/086127 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*G03F 7/20* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/000411
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
25. Januar 2010 (25.01.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 006 685.3  
29. Januar 2009 (29.01.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE]; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHOLZ, Axel** [DE/DE]; Joseph-Haydn-Strasse 40, 73430 Aalen (DE). **SCHLESENER, Frank** [DE/DE]; Nelkenweg 2, 73447 Oberkochen (DE). **HAVERKAMP, Nils** [DE/DE]; Weisse Steige 32, 73431 Aalen (DE). **DAVYDENKO, Vladimir** [RU/DE]; Am Mayenberg 22, 76332 Bad Herrenalb (DE). **GERHARD, Michael** [DE/DE]; Toggenburger

Strasse 15, 73432 Aalen (DE). **ZIEGLER, Gerhard-Wilhelm** [DE/DE]; Hohenloher Strasse 66, 73432 Aalen (DE). **KERN, Mirco** [DE/DE]; Kreuzäcker 12, 73563 Mögglingen (DE). **BISCHOFF, Thomas** [DE/DE]; Nelkenstrasse 12, 89551 Königsmbrunn (DE). **STAMMLER, Thomas** [DE/DE]; Kälblesrainweg 85, 73430 Aalen (DE). **KELLNER, Stephan** [DE/DE]; Reierstrasse 56, 73434 Aalen (DE). **MAUL, Manfred** [DE/DE]; Elchweg 29, 73434 Aalen (DE). **WALLDORF, Daniel** [DE/DE]; Voltstrasse 69, 60486 Frankfurt (DE). **HUREVICH, Igor** [DE/DE]; Robert-Koch-Strasse 27, 66125 Saarbrücken (DE). **DEGÜNTHER, Markus** [DE/DE]; Langäckerweg 20, 73432 Aalen (DE).

- (74) Anwälte: **HOFMANN, Matthias** et al.; Rau, Schneck & Hübner, Königstrasse 2, 90402 Nürnberg (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ILLUMINATION SYSTEM FOR MICROLITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung : BELEUCHTUNGSSYSTEM FÜR DIE MIKRO-LITHOGRAPHIE

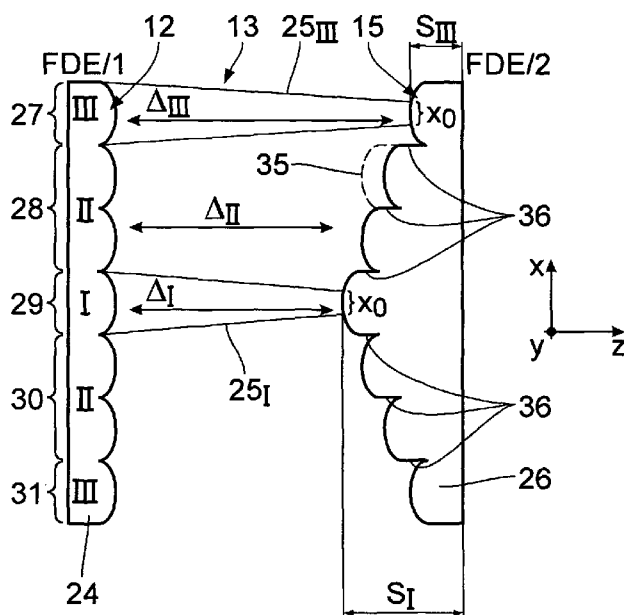


Fig. 2

(57) Abstract: An illumination system for microlithography is used to illuminate an illumination field by the illumination light of a primary light source. A first grid assembly (12) has bundle-shaped first grid elements (24) that are arranged in a first plane of the illumination system or neighboring the same. The first grid assembly (12) is used to create a grid assembly of secondary light sources. A transmission lens is used for the superimposed transmission of the illumination light of the secondary light sources into the illumination field. The transmission lens has a second grid assembly (15) having bundle-shaped second grid elements (26). Each of the grid elements (24) of the first grid assembly (12) is associated with one of the grid elements (26) of the second grid assembly (15) for guiding a partial bundle (25) of an entire bundle of the illumination light. For example, the first grid assembly (12) has at least two types (I, II, III) of the first grid elements (24), which differ in their bundle-influencing effect. The grid elements (24, 26) of the two grid assemblies (12, 15) are arranged in relation to one another such that every grid element type (I through III) is associated with at least one individual distance ( $\Delta_I$ ,  $\Delta_{II}$ ,  $\Delta_{III}$ ) between the first grid element (24) of said type (I through III) and the associated second grid element (26) of the second grid assembly (15). The result is an illumination system by means of which an influence of specific illumination parameters is possible, if possible without the undesirable influence of other illumination parameters.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/086127 A1



NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Ein Beleuchtungssystem für die Mikro-Lithographie dient zur Beleuchtung eines Beleuchtungsfeldes mit Beleuchtungslicht einer primären Lichtquelle. Eine erste Rasteranordnung (12) hat bündelformende erste Rasterelemente (24), die in einer ersten Ebene des Beleuchtungssystems oder benachbart zu dieser angeordnet sind. Die erste Rasteranordnung (12) dient zur Erzeugung einer Rasteranordnung sekundärer Lichtquellen. Eine Übertragungsoptik dient zur überlagernden Übertragung des Beleuchtungslichts der sekundären Lichtquellen in das Beleuchtungsfeld. Die Übertragungsoptik hat eine zweite Rasteranordnung (15) mit bündelformenden zweiten Rasterelementen (26). Jeweils eines der Rasterelemente (24) der ersten Rasteranordnung (12) ist einem der Rasterelemente (26) der zweiten Rasteranordnung (15) zur Führung eines Teilbündels (25) eines gesamten Bündels des Beleuchtungslichts zugeordnet. Beispielsweise die erste Rasteranordnung (12) hat mindestens zwei Typen (I, II, III) der ersten Rasterelemente (24), die sich in ihrer bündelbeeinflussenden Wirkung unterscheiden. Die Rasterelemente (24, 26) der beiden Rasteranordnungen (12, 15) sind so zueinander angeordnet, dass jedem Rasterelement-Typ (I bis III) mindestens ein individueller Abstand ( $\Delta_I$ ,  $\Delta_{II}$ ,  $\Delta_{III}$ ) zwischen dem ersten Rasterelement (24) dieses Typs (I bis III) und dem zugeordneten zweiten Rasterelement (26) der zweiten Rasteranordnung (15) zugeordnet ist. Es resultiert ein Beleuchtungssystem, mit dem eine Beeinflussung bestimmter Beleuchtungsparameter möglichst ohne unerwünschte Beeinflussung anderer Beleuchtungsparameter möglich ist.

## **Beleuchtungssystem für die Mikro-Lithographie**

Die Erfindung betrifft ein Beleuchtungssystem für die Mikro-Lithographie zur Beleuchtung eines Beleuchtungsfeldes mit Beleuchtungslicht. Ferner  
5 betrifft die Erfindung eine Rasteranordnung zum Einsatz in einem derartigen Beleuchtungssystem, eine Mikro-Lithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit einem derartigen Beleuchtungssystem, ein mikrolithographisches Herstellungsverfahren für mikro- bzw. nanostrukturierte Bauelemente und ein mit einem solchen Verfahren hergestelltes Bauelement.

10

Ein Beleuchtungssystem der eingangs genannten Art ist bekannt aus der WO 2007/093 433 A1.

15

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Beleuchtungssystem der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine Beeinflussung bestimmter Beleuchtungsparameter der Beleuchtung des Beleuchtungs- oder Objektfeldes möglichst ohne unerwünschte Beeinflussung anderer Beleuchtungsparameter möglich ist.

20

Diese Aufgabe ist gemäß einem ersten Aspekt erfindungsgemäß gelöst durch ein Beleuchtungssystem mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen.

25

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass eine Abstands-Typ-Zuordnung zwischen Rasterelementen der Rasteranordnungen des Beleuchtungssystems zur Möglichkeit führt, einen unterschiedlich sammelnden Effekt der unterschiedlichen Typen der ersten Rasterelemente der ersten Rasteranordnung auf die zugeordneten Teilbündel teilweise oder ganz zu kompensieren. Es können dann andere, die Teilbündel des Beleuchtungslichts beeinflussende

Wirkungsunterschiede zwischen den einzelnen Rasterelement-Typen, insbesondere Wirkungen höherer Ordnung, genutzt werden, ohne dass die Unterschiede im sammelnden Effekt der unterschiedlichen Typen der ersten Rasterelemente, die sich in vielen Fällen als unvermeidlich herausgestellt haben, eine unerwünschte Rolle spielen. Soweit brechende Rasterelemente eingesetzt werden, ist es beispielsweise möglich, einen unerwünschten Effekt unterschiedlicher Linsenradien der Rasterelemente zu kompensieren, so dass bei der Verwendung asphärischer Linsenformen andere Formbeiträge, beispielsweise Formbeiträge höherer Ordnung, zu Kompensationszwecken bestimmter Beleuchtungsparameter genutzt werden können. Mit dem erfindungsgemäßen Beleuchtungssystem ist entweder eine Korrektur bestimmter Beleuchtungsparameter oder auch eine Vorkompensation bestimmter Beleuchtungsparameter möglich. Beispielsweise kann durch den Einsatz unterschiedlicher Typen von Rasterelementen mindestens einer der Rasteranordnungen eine Elliptizitätskorrektur erfolgen, ohne dass hierdurch ein unerwünschter Einfluss auf eine Intensitätsverteilung aus den unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen über das Beleuchtungsfeld folgt. Auch reflektierende Rasterelemente können zum Einsatz kommen. Der Unterschied zwischen verschiedenen Typen der Rasterelemente ergibt sich dann nicht aufgrund eines Unterschieds in der brechenden, sondern aufgrund eines Unterschieds in der reflektierenden Wirkung der Rasterelemente. Auch gekippte Linsen können als Rasterelemente zum Einsatz kommen. Die Ausführung der Rasterelemente kann einstückig oder monolithisch sein, so dass eine Rasteranordnung aus einem monolithischen Linsen- oder Substratblock gefertigt ist. Alternativ ist es möglich, die Rasteranordnungen mehrteilig auszugestalten, wobei zu einem dieser Teile eine Gruppe von Rasterelementen oder auch ein einzelnes Rasterelement gehören kann. Eine Variation des individuellen Abstandes zwischen dem Rasterelement eines bestimmten Typs einer der Rasteranordnungen und

dem zugeordneten Rasterelement der anderen Rasteranordnung kann die Form einer streng monotonen Funktion haben, die die Variation des Abstandes über den der Bündelführung dienenden Querschnitt der Rasteranordnungen beschreibt. Diese Funktion kann alternativ auch innerhalb des  
5 bündelführenden Querschnitts ein Maximum oder ein Minimum haben. Die Abstandsvariation über den Querschnitt kann also insbesondere die Form einer beliebigen Kurvenfunktion mit mindestens einem Scheitelpunkt haben. Grundsätzlich kann jede der beiden Rasteranordnungen auch nur einen Typ von Rasterelementen haben, wobei eine Abstandsvariation über den  
10 zur Bündelformung dienenden Querschnitt der Rasteranordnungen entsprechend den vorstehend oder nachstehend erläuterten Funktions- oder Stufenverläufen vorliegen kann. Das Beleuchtungssystem kann eine primäre Lichtquelle aufweisen; dies ist jedoch nicht zwingend. Es ist genauso möglich, das Beleuchtungssystem zum späteren Einsatz gemeinsam mit einer  
15 hiervon separaten primären Lichtquelle vorzubereiten. Der freie Abstand zwischen den Rasterelementen der beiden Rasteranordnungen ist durch einen Luftspalt, also durch einen festkörperfreien Zwischenraum, gebildet. Die beiden Rasteranordnungen können als zueinander separate Komponenten ausgeführt sein. Bei der Rasteranordnung, die mindestens zwei Typen  
20 von Rasterelementen aufweist, die sich in ihrer bündelbeeinflussenden Wirkung unterscheiden, kann es sich um die erste Rasteranordnung, um die zweite Rasteranordnung oder um beide Rasteranordnungen handeln.

Mindestens eine Abstandsstufe nach Anspruch 2 stellt eine diskrete Realisierung der erfindungsgemäßen Abstandszuordnung dar. Eine derartige  
25 Abstandsstufe lässt sich beispielsweise schon in einem Rohkörper der Rasteranordnung vorgeben.

Eine Typzuordnung der Rasterelemente zu den Rasterbereichen nach Anspruch 3 ermöglicht eine reproduzierbare Fertigung und zudem eine reproduzierbare Auslegung des Beleuchtungssystems. Die Rasterbereiche können jeweils ausschließlich Rasterelemente des gleichen Typs aufweisen.

5

Ausgestaltungen der die mindestens eine Abstandsstufe aufweisenden Rasteranordnung nach den Ansprüchen 4 und 5 ermöglichen je nach der Typzuordnung der Rasterelemente zum Zentrum und zum Rand entsprechende kompensatorische Wirkungen.

10

Bei einer Ausführung der Rasterelemente nach Anspruch 6 oder 7 kommen die Vorteile der Abstandsordnung besonders gut zum Tragen. Eine erwünschte Beeinflussung bestimmter Beleuchtungsparameter kann über verschiedene konische Konstanten der verschiedenen Typen der ersten

15

Rasterelemente bewirkt werden. Die unterschiedlichen Typen der Rasterelemente können alternativ oder zusätzlich einen unterschiedlichen Krümmungsradius der bündelbeeinflussenden Flächen der Rasterelemente haben, was durch die Abstands-Typ-Zuordnung in erwünschtem Maße kompensiert werden kann. Es ist also auch eine sphärische Ausgestaltung der Raster-

20

elemente möglich, wobei sich die unterschiedlichen Typen im Krümmungsradius unterscheiden. Über die unterschiedlichen konischen Konstanten lässt sich z. B. eine kontrollierte Intensitätsvariation über das Beleuchtungsfeld zu Korrektur-, Kompensations- oder Vorkompensations-

25

zwecken einführen. Alternativ oder zusätzlich kann eine erwünschte Beeinflussung bestimmter Beleuchtungsparameter über unterschiedliche Radien oder auch allgemeiner über eine unterschiedliche Gestaltung von nicht rotationssymmetrisch ausgeführten Freiform-Oberflächen der verschiedenen Typen der ersten Rasterelemente bewirkt werden.

Die eingangs genannte Aufgabe ist gemäß einem zweiten Aspekt zudem erfindungsgemäß gelöst durch ein Beleuchtungssystem mit den im Anspruch 8 angegebenen Merkmalen.

- 5 Die erfindungsgemäße Verlagerungseinrichtung kann zur Verlagerung des mindestens einen Abschnitts der ersten Rasteranordnung relativ zur zweiten Rasteranordnung im Wesentlichen längs einer Strahlrichtung des Beleuchtungslichts und/oder im Wesentlichen quer zu einer Strahlrichtung des Beleuchtungslichts und/oder zum Verschwenken einer der Rasteranordnungen relativ zur anderen Rasteranordnung ausgeführt sein. Bei der Verlagerung der beiden Rasteranordnungen relativ zueinander kann die erste Rasteranordnung verlagert werden, kann die zweite Rasteranordnung verlagert werden oder es können auch beide Rasteranordnungen verlagert werden. Der mittels der Verlagerungseinrichtung verlagerbare Abschnitt
- 10 kann genau eines der Rasterelemente, kann eine Gruppe von mehreren Rasterelementen, insbesondere eine Rasterzeile, eine Rasterspalte oder einen definierten Rasterbereich, kann mehrere Gruppen von Rasterelementen oder kann alle Rasterelemente, also die gesamte Rasteranordnung, beinhalten. Das Beleuchtungssystem gemäß dem ersten Aspekt mit der Verlagerungseinrichtung kann mit dem Beleuchtungssystem gemäß dem zweiten
- 15 Aspekt mit den mindestens zwei Typen von Rasterelementen, die sich in ihrer bündelbeeinflussenden Wirkung unterscheiden, kombiniert werden. Sämtliche Merkmale der vorstehend beschriebenen Erfindung sind daher miteinander kombinierbar.

25

Eine Verlagerungseinrichtung nach Anspruch 9 kann zur Ausnutzung eines Mittelungseffektes über den oder die vorzugebenden Beleuchtungsparameter genutzt werden.

- 6 -

Eine Ausgestaltung des Beleuchtungssystems nach Anspruch 10 ermöglicht eine Rückkopplung, also eine Ansteuerung der Verlagerungseinrichtung abhängig vom Messergebnis der Messeinrichtung. Eine derartige Rückkopplung wird auch als Online Feedback-Loop bezeichnet. Die Messeinrichtung kann die Beleuchtungsintensitätsverteilung in der Feldebene des Beleuchtungsfeldes oder in einer hierzu konjugierten Ebene und/oder in einer Pupillenebene des Beleuchtungssystems oder in einer hierzu konjugierten Ebene erfassen. Auch eine Erfassung in einer zwischen einer Feld- und einer Pupillenebene gelegenen Ebene des Beleuchtungssystems ist möglich. Eine Pupillenebene ist dabei eine Ebene, in der eine Intensitätsverteilung des Beleuchtungslichts ein Maß für eine Beleuchtungswinkelverteilung der Beleuchtung des Beleuchtungsfeldes darstellt.

Die Vorteile einer Rasteranordnung nach den Ansprüchen 11 und 12, einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 13, eines Herstellungsverfahrens nach Anspruch 14 und eines mikro- bzw. nanostrukturierten Bauelements nach Anspruch 15 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf das erfindungsgemäße Beleuchtungssystem bereits erläutert wurden.

20

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Fig. 1                    schematisch einen Meridionalschnitt durch ein erfindungsgemäßes Beleuchtungssystem innerhalb einer Mikro-Lithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit einem Rastermodul mit einer zweistufigen schematisch und nicht erfindungsgemäß dargestellten Rasteranordnung;

25



- Fig. 2 eine erfindungsgemäße Ausführung des Rastermoduls des Beleuchtungssystems nach Fig. 1 mit einer nicht abgestuften ersten Rasteranordnung und einer elementweise abgestuften zweiten Rasteranordnung;
- 5
- Fig. 3 eine Aufsicht auf die erste Rasteranordnung nach Fig. 2, wobei schematisch fünf Rasterbereiche dargestellt sind, in denen jeweils einer von insgesamt drei unterschiedlichen Rasterelement-Typen vorliegt;
- 10
- Fig. 4 schematisch in einem Diagramm nicht abstandskompensierte Intensitätsverteilungen  $I(x)$  über ein vom Beleuchtungssystem ausgeleuchtetes Beleuchtungsfeld für zwei der insgesamt drei Rasterelement-Typen der ersten Rasteranordnung des Rastermoduls nach Fig. 3;
- 15
- Fig. 5 bis 10 weitere Ausführungen von Rastermodulen mit element- bzw. bereichsweise abgestuften Rasteranordnungen;
- 20
- Fig. 11 einen Meridionalschnitt durch ein Rastermodul mit zwei reflektierenden Rasteranordnungen mit typweise individuellen Abständen zwischen den einander zugeordneten Rasterelementen der beiden Rasteranordnungen;
- 25
- Fig. 12 schematisch ein Rastermodul mit zwei Rasteranordnungen zur Verdeutlichung eines Freiheitsgrades einer Verlagerung der beiden Rasteranordnungen zueinander;

- Fig. 13 in einer zu Fig. 12 ähnlichen Darstellung ein Rastermodul mit zwei Rasteranordnungen zur Verdeutlichung zweier weiterer Freiheitsgrade einer Verlagerung der beiden Rasteranordnungen zueinander;
- 5
- Fig. 14 in einer zu Fig. 12 ähnlichen Darstellung ein Rastermodul mit zwei Rasteranordnungen, wobei Rasterelemente einer der beiden Rasteranordnungen gegenüber der anderen Rasteranordnung individuell verlagerbar sind;
- 10
- Fig. 15 in einer zu Fig. 12 ähnlichen Darstellung ein Rastermodul mit zwei Rasteranordnungen, wobei wiederum Rasterelemente einer der Rasteranordnungen gegenüber der anderen Rasteranordnung individuell verlagerbar sind;
- 15
- Fig. 16 in einer zu Fig. 3 ähnlichen Darstellung eine Ausführung einer Rasteranordnung mit drei Rasterbereichen, die jeweils eine Mehrzahl von Rasterspalten von Rasterelementen umfassen, wobei die Rasterbereiche gegeneinander verlagerbar sind;
- 20
- Fig. 17 in einer zu Fig. 4 ähnlichen Darstellung die Auswirkung einer Verlagerung der Rasterbereiche der Rasteranordnung nach Fig. 16 auf die Intensitätsverteilung über das Beleuchtungsfeld;
- 25
- Fig. 18 die sich aus der Änderung der Intensitätsverteilung nach Fig. 17 ergebende Änderung eines Verlaufs einer Telezentrie über das Beleuchtungsfeld;

Fig. 19 in einer zu Fig. 16 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer Rasteranordnung mit drei Rasterbereichen, die gegeneinander verlagerbar ausgeführt sind;

5

Fig. 20 in einer zu Fig. 17 ähnlichen Darstellung die Auswirkungen einer Verlagerung der Rasterbereiche der Rasteranordnung nach Fig. 19 zueinander auf die Intensitätsverteilung über das Beleuchtungsfeld und

10

Fig. 21 die sich hieraus ergebenden Auswirkungen auf einen Elliptizitätsverlauf über das Beleuchtungsfeld.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Mikro-Lithographie-Projektionsbelichtungsanlage 1, die als Wafer-Scanner ausgeführt ist und bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen und anderen fein strukturierten Bauteilen eingesetzt wird. Die Projektionsbelichtungsanlage 1 arbeitet zur Erzielung von Auflösungen bis zu Bruchteilen von Mikrometern mit Licht insbesondere aus dem tiefen Ultraviolettbereich (VUV).

20

Zur Erleichterung von Lagebeziehungen wird nachfolgend ein kartesisches x-y-z-Koordinatensystem verwendet. Die x-Achse verläuft in der Fig. 1 nach oben. Die y-Achse verläuft senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 1 auf den Betrachter zu. Die z-Richtung verläuft in der Fig. 1 nach rechts.

25 Eine Scanrichtung der Projektionsbelichtungsanlage 1 verläuft längs der y-Richtung. Im in der Fig. 1 dargestellten Meridionalschnitt sind alle optischen Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage 1 längs einer optischen Achse 2 aufgereiht. Es versteht sich, dass auch beliebige Faltungen

der optischen Achse 2 möglich sind, insbesondere um die Projektionsbelichtungsanlage 1 kompakt zu gestalten.

Zur definierten Ausleuchtung eines Objekt- bzw. Beleuchtungsfelds 3 in  
5 einer Retikelebene 4, in der eine bei der Projektionsbelichtung zu übertragende Struktur in Form eines nicht näher dargestellten Retikels angeordnet ist, dient ein insgesamt mit 5 bezeichnetes Beleuchtungssystem der Projektionsbelichtungsanlage 1. Das Objektfeld 3 und das Beleuchtungsfeld können zusammenfallen. In der Regel liegt das Objektfeld 3 innerhalb des Beleuchtungsfeldes. Als primäre Lichtquelle 6 dient ein F<sub>2</sub>-Laser mit einer  
10 Arbeitswellenlänge von 157 nm, dessen Beleuchtungslichtstrahl coaxial zur optischen Achse 2 ausgerichtet ist. Andere DUV- oder UV-Lichtquellen, beispielsweise ein ArF-Excimer-Laser mit 193 nm Arbeitswellenlänge, ein KrF-Excimer-Laser mit 248 nm Arbeitswellenlänge sowie  
15 primäre Lichtquellen mit größeren oder kleineren Arbeitswellenlängen sind ebenfalls möglich.

Zur Vereinfachung der Beschreibung sind Komponenten einer Beleuchtungsoptik des Beleuchtungssystems 5 als brechende optische Komponenten dargestellt. Alternativ oder zusätzlich können diese Komponenten auch  
20 durch reflektierende Komponenten, also durch Spiegel, ersetzt oder ergänzt werden. Anstelle des im Wesentlichen dioptrischen Systems nach Fig. 1 kann daher auch ein katadioptrisches System oder ein katoptrisches System zum Einsatz kommen. Eine reflektierende Ausgestaltung des Beleuchtungssystems 5 kann insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn als  
25 primäre Lichtquelle 6 eine EUV-Lichtquelle genutzt wird, die Nutzlicht mit einer Wellenlänge im Bereich von 5 nm und 30 nm, insbesondere im Bereich von 13,5 nm erzeugt.

Der von der Lichtquelle 6 kommende Lichtstrahl mit kleinem Rechteckquerschnitt trifft zunächst auf eine Strahlaufweitungsoptik 7, die einen aus-  
tretenden Strahl 8 mit weitgehend parallelem Licht und größerem  
Rechteckquerschnitt erzeugt. Der Beleuchtungslichtstrahl 8 hat ein  $x/y$ -  
5 Aspektverhältnis, das im Bereich von 1 liegen kann oder auch größer sein  
kann als 1. Die Strahlaufweitungsoptik 7 kann Elemente aufweisen, die zur  
Kohärenzreduktion des Beleuchtungslichts 8 dienen. Das durch die Strahl-  
aufweitungsoptik 7 weitgehend parallelisierte Beleuchtungslicht 8 trifft  
anschließend auf ein diffraktives optisches Element (DOE) 9, das als com-  
10 putergeneriertes Hologramm (CGH) zur Erzeugung einer Beleuchtungs-  
licht-Winkelverteilung ausgebildet ist. Die durch das DOE 9 erzeugte  
Winkelverteilung des Beleuchtungslichts 8 wird beim Durchtritt durch eine  
stark schematisch lediglich angedeutete Fourier-Linsenordnung bzw.  
einen Kondensator 10, der im Abstand seiner Brennweite vom DOE 9 posi-  
15 oniert ist, in eine zweidimensionale, also senkrecht zur optischen Achse 2  
ortsabhängige Beleuchtungslicht-Intensitätsverteilung umgewandelt. Die so  
erzeugte Intensitätsverteilung ist daher in einer ersten Beleuchtungsebene  
11 des Beleuchtungssystems 5 vorhanden. Zusammen mit dem Kondensator  
10 stellt das DOE 9 also eine Lichtverteilungseinrichtung zur Erzeugung  
20 einer zweidimensionalen Beleuchtungslicht-Intensitätsverteilung dar. Diese  
Lichtverteilungseinrichtung wird auch als pupillendefinierendes Element  
(PDE) bezeichnet.

Im Bereich der ersten Beleuchtungsebene 11 ist eine erste Rasteranordnung  
25 12 eines Rastermoduls 13 angeordnet, das auch als Wabenkondensator be-  
zeichnet wird. Das Rastermodul 13 wird auch als felddefinierendes Ele-  
ment (FDE) bezeichnet. Das Rastermodul 13 dient zur Erzeugung einer  
definierten Intensitäts- und Beleuchtungswinkelverteilung des Beleuch-  
tungslichts 8. In der Fig. 1 ist das Rastermodul 13 lediglich schematisch

zur Beschreibung seiner prinzipiellen Funktionsweise dargestellt. Erfindungsgemäße Ausführungen des Rastermoduls 13 zeigen die nachfolgend noch erläuterten Figuren 2 sowie 5 ff.

- 5 In einer der ersten Beleuchtungsebene 11 nachgeordneten weiteren Beleuchtungsebene 14 ist eine zweite Rasteranordnung 15 angeordnet. Die beiden Rasteranordnungen 12, 15 bilden den Wabenkondensator 13 des Beleuchtungssystems 5. Der weiteren Beleuchtungsebene 14 nachgeordnet ist eine Pupillenebene 16 des Beleuchtungssystems 5.

10

Dem Rastermodul 13 nachgeordnet ist ein weiterer Kondensator 17, der auch als Feldlinse bezeichnet wird. Zusammen mit der zweiten Rasteranordnung 15 bildet der Kondensator 17 näherungsweise die erste Beleuchtungsebene 11 in eine Feld-Zwischenebene 18 des Beleuchtungssystems 5 ab. In der  
15 Feld-Zwischenebene 18 kann ein Retikel-Masking-System (REMA) 19 angeordnet sein, welches als verstellbare Abschattungsblende zur Erzeugung eines scharfen Randes der Beleuchtungslicht-Intensitätsverteilung dient. Ein nachfolgendes Objektiv 20, das auch als Relay Optik bezeichnet ist, bildet die Feld-Zwischenebene 18 auf das Retikel, das heißt auf die Lithographie-Vorlage, ab. Mit einem Projektionsobjektiv 21 wird das Objekt-  
20 feld 3 in ein Bildfeld 22 in einer Bildebene 23 auf einen in der Fig. 1 nicht dargestellten Wafer abgebildet, der intermittierend oder kontinuierlich längs der y-Richtung verschoben wird. Bei 23a ist in der Fig. 1 eine Pupillenebene des Projektionsobjektivs 21 angedeutet. Soweit die Projektionsbe-  
25 leuchtungsanlage 1 mit einem intermittierenden Vorschub des Retikels und des Wafers arbeitet, wird sie auch als Stepper bezeichnet. Soweit die Projektionsbeleuchtungsanlage mit einem kontinuierlichen Vorschub des Retikels und des Wafers arbeitet, wird sie auch als Scanner bezeichnet.

Die erste Rasteranordnung 12 hat einzelne erste Rasterelemente 24, die spalten- und zeilenweise angeordnet sind. Die ersten Rasterelemente 24 haben eine rechteckige Apertur mit einem x/y-Aspektverhältnis von beispielsweise 2 / 1. Auch andere, insbesondere größere Aspektverhältnisse  
5 der ersten Rasterelemente 24 sind möglich. Zur Vereinfachung der Darstellung werden nachfolgend in den Fig. 8 bis 10 erste Rasterelemente 24 mit einem x/y-Aspektverhältnis von 1 / 1 dargestellt.

Die Rasteranordnungen 12 und 15 können jeweils auch aus zueinander gekreuzt angeordneten, nebeneinander liegenden Zylinderlinsen bestehen.  
10 Jede der Rasteranordnungen 12, 15 kann in diesem Fall als monolithischer Linsenblock ausgeführt sein. Eine der beiden optischen Oberflächen des Linsenblocks weist dann Zylinderlinsenflächen in einer ersten Orientierung auf und die gegenüberliegende der beiden optischen Flächen weist dann  
15 Zylinderlinsenflächen in einer hierzu senkrechten Orientierung auf.

Der Meridionalschnitt nach Fig. 1 geht entlang einer x-Rasterspalte. Die ersten Rasterelemente 24 sind als Mikrolinsen mit positiver Brechkraft ausgeführt. Fig. 1 zeigt eine plankonvexe Ausgestaltung dieser Mikrolin-  
20 sen. Bei der schematischen Darstellung nach Fig. 1 sind die planen Flächen der beiden Rasteranordnungen 12, 15 einander zugewandt. Wie nachfolgend anhand der Fig. 2 und 5 ff. noch erläutert wird, können auch die konvexen Flächen der beiden Rasteranordnungen 12, 15 einander zugewandt sein. Auch eine biokonvexe Ausgestaltung ist möglich. Die Rechtecksform  
25 der ersten Rasterelemente 24 entspricht der Rechtecksform des Beleuchtungsfeldes 3. Die ersten Rasterelemente 24 sind in einem ihrer Rechtecksform entsprechenden Raster direkt aneinander angrenzend, das heißt im Wesentlichen flächenfüllend, angeordnet. Die ersten Rasterelemente 24 werden auch als Feldwaben bezeichnet.

Aufgrund der bündelformenden Wirkung der ersten Rasterelemente 24 der ersten Rasteranordnung 12 wird das Beleuchtungslicht 8 in eine der Anzahl der beleuchteten ersten Rasterelemente 24 entsprechende Anzahl von Teilbündeln 25 (vergleiche z. B. Fig. 2) aufgeteilt, die, da sie zunächst separat voneinander im Rastermodul 13 geführt werden, auch als Lichtkanäle oder als Ausleuchtungskanäle bezeichnet werden. Beim Rastermodul 13 können mehrere hundert derartiger in x- und in y-Richtung jeweils um das x- bzw. das y-Rastermaß zueinander versetzt verlaufender Lichtkanäle vorliegen.

10 Diese Lichtkanäle werden im Objektfeld 3 einander überlagert.

Zweite Rasterelemente 26 der zweiten Rasteranordnung 15 sind zur Führung des jeweiligen Teilbündels 25 den ersten Rasterelementen 24 der ersten Rasteranordnung 12 zugeordnet. Auch die zweiten Rasterelemente 26 sind als Mikrolinsen mit positiver Brechkraft ausgeführt.

15

Dargestellt sind in der Fig. 1 fünf in x-Richtung nebeneinander liegende derartiger Lichtkanäle. Bei den erfindungsgemäßen Ausführungen des Rastermoduls 13 nach den Fig. 2 sowie 5 ff. sind insgesamt sieben in x-Richtung einander benachbarter Rasterelemente 24, 26 zur entsprechenden Erzeugung von sieben benachbarten Teilbündeln bzw. Lichtkanälen 25 dargestellt.

20

Die zweite Rasteranordnung 15 ist etwa im Abstand der Brennweite der Rasterelemente 24 der ersten Rasteranordnung 12 angeordnet. Die Pupillenebene 16 ist wiederum in etwa im Abstand der Brennweite der zweiten Rasterelemente 26 zur zweiten Rasteranordnung 15 angeordnet.

25



Die Rasterelemente 24, 26 sind als asphärische Linsen ausgestaltet. Eine Pfeilhöhe  $h$  jeder der Linsenflächen der Rasterelemente 24, 26 kann durch folgende Asphärengleichung wiedergegeben werden:

$$5 \quad h(x) = \frac{x^2}{R \left( 1 + \sqrt{1 - (1+C) \left( \frac{x}{R} \right)^2} \right)} + A_4 x^4 + A_6 x^6 + A_8 x^8 + \dots$$

Hierbei bedeuten:

10  $h(x)$ : Pfeilhöhe in Abhängigkeit von der  $x$ -Koordinate (Feld- bzw. Linsen-  
koordinate);

$R$ : Radius der Mikrolinsenfläche am Scheitelpunkt;

15  $C$ : Konische Konstante;

$A_n$ : Asphärische Entwicklungskonstanten.

20 Die erste Rasteranordnung 12 hat verschiedene Typen erster Rasterelemente 24, also verschiedene Typen asphärischer Mikrolinsen. Die Typen der ersten Rasterelemente 24 unterscheiden sich in ihrer bündelbeeinflussenden, nämlich in ihrer brechenden Wirkung.

25 Fig. 3 zeigt eine Unterteilung der ersten Rasteranordnung 12 des Rastermoduls 13 in insgesamt fünf Rasterbereiche 27 bis 31. Jeder der Rasterbereiche 27 bis 31 verläuft dabei spaltenweise in der  $y$ -Richtung. Jeder der Rasterbereiche 27 bis 31 kann in der  $x$ -Richtung genau ein Rasterelement 24 oder auch eine Mehrzahl von Rasterelementen 24 umfassen. Im Nor-

malfall hat jeder der Rasterbereiche 27 bis 31 eine Mehrzahl von Rasterelementen 24. In jedem der Rasterbereiche 27 bis 31 sind die Rasterelemente 24 genau eines Typs, also mit genau einer brechenden Wirkung, angeordnet.

5

Die schematische Unterteilung nach Fig. 2 mit insgesamt sieben in der x-Richtung nebeneinander angeordneten Rasterelementen 24 wird zur nachfolgenden Erläuterung wie folgt vorgenommen: Das in der Fig. 2 oberste Rasterelement 24 gehört zum Rasterbereich 27, die beiden nächst benachbarten Rasterelemente 24 gehören zum Rasterbereich 28, das in der Fig. 2 mittlere Rasterelement 24 gehört zum Rasterbereich 29, die beiden wiederum nächst benachbarten Rasterelemente 24 gehören zum Rasterbereich 30 und das in der Fig. 2 unterste Rasterelement 24 gehört zum Rasterbereich 31.

15

Die Rasterelemente 24 in dem mittleren Rasterbereich 29 gehören zum Typ I der Rasterelemente mit einer konischen Konstante  $C$  im Bereich von 0,2 und einem geringsten Linsenradius  $R$ , also mit stärkster brechender Wirkung. Die Rasterelemente 24 in den Rasterbereichen 28 und 30 gehören zu einem Typ II mit einer konischen Konstante  $C$  im Bereich von 0,05 und einer im Vergleich zu den Rasterelementen 24 im Rasterbereich 29 geringeren brechenden Wirkung, also etwas größerem Linsenradius  $R$ . Die Rasterelemente 24 in den Rasterbereichen 27 und 31 gehören zu einem Typ III mit einer konischen Konstante  $C$  im Bereich von  $-0,1$  und einer schwächsten brechenden Wirkung, also einem größten Linsenradius  $R$ . Zwischen dem Typ I und dem Typ III liegt also ein Unterschied in der konischen Konstante  $C$  von 0,3 vor. Innerhalb eines Wertebereichs der konischen Konstante  $C$  zwischen  $-0,3$  und  $+0,3$  sind für die konischen Konstanten  $C$  der Typen I, II, III auch andere Werte möglich, wobei immer gilt, dass die

25

konische Konstante C für den Typ mit dem stärksten brechender Wirkung am größten und die konische Konstante C für den Typ mit am schwächsten brechender Wirkung am kleinsten ist. Bei einer anderen Variante ist die konische Konstante C für den Typ II im Bereich von 0,05, für den Typ I im

5 Bereich von 0,1 und für den Typ III im Bereich von 0,0. Die konische Konstante C des Typs I kann beispielsweise in einem Bereich zwischen 0,09 und 0,25 variieren. Die konische Konstante des Typs II kann in einem Bereich zwischen  $-0,09$  und  $+0,09$  variieren. Die konische Konstante C des Typs III kann in einem Bereich zwischen  $-0,25$  und  $-0,09$  variieren.

10

Fig. 4 verdeutlicht eine nicht abstandskompensierte, also nicht erfindungsgemäße Wirkung der Typen I und III der Rasterelemente 24 aufgrund ihrer unterschiedlichen Brechung. Dargestellt ist eine Intensität I über eine Feldkoordinate x im Bereich des Objektfeldes 3. Aufgrund der starken bre-

15 chenden Wirkung der Rasterelemente 24 des Typs I ergibt sich eine relativ starke Einschnürung der zugehörigen Teilbündel 25 auf den Eintrittsflächen der zugeordneten zweiten Rasterelemente 26 und entsprechend eine Einschnürung eines Intensitätsverlaufs 32 über die Feldkoordinate x. Die konische Konstante C der Rasterelemente 24 des Typs I führt zu einem

20 „konkaven“, also nach oben offen gekrümmten Intensitätsverlauf 32 über das Objektfeld 3.

Die bündelführende Wirkung der Rasterelemente 24 des Typs III führt aufgrund von deren schwächer brechenden Wirkung zu einer geringeren Einschnürung der Teilbündel 25 auf den zweiten Rasterelementen 26 und damit zu einem breiter über die Feldkoordinate x verlaufenden Intensitätsverlauf 33. Aufgrund der konischen Konstante C der Rasterelemente 24 des

25 Typs III ergibt sich über das Objektfeld 3 ein „konvexer“, also nach unten offener Intensitätsverlauf 33.

Soweit keine Abstandskompensation, die nachfolgend noch erläutert wird, vorliegt, ergibt sich aufgrund der einschnürenden Wirkung der stärkeren Brechung der Rasterelemente 24 des Typs I im Vergleich zu den Rasterelementen 24 des Typs III ein über das Objektfeld 3 integrierter höherer Intensitätsbeitrag des Typs I verglichen mit dem Typ III, wie unmittelbar aus einem Vergleich der Intensitätshöhen der Intensitätsverläufe 32, 33 über das Objektfeld 3 in der Fig. 4 ersichtlich ist.

10 Erfindungsgemäß wird dieser Intensitätsunterschied der Verläufe 32, 33 über das Objektfeld 3 durch eine Abstufung von Abständen  $\Delta$  zwischen den einander über die Teilbündel 25 zugeordneten Rasterelementen 24, 26 kompensiert. Dies wird nachfolgend anhand der Fig. 2 erläutert. Die Rasterelemente 24 des Typs I haben, wie vorstehend diskutiert, im Vergleich zu den Rasterelementen des Typs III eine stärker brechende Wirkung. Die von den Rasterelementen 24 des Typs I geformten Teilbündel 25 I haben daher stärker konvergierende Randstrahlen als die von den Rasterelementen 24 des Typs III erzeugten Teilbündel 25<sub>III</sub>. Andererseits ist der Abstand  $\Delta_I$  zwischen den Rasterelementen 24, 26 im Rasterbereich 29 geringer als der Abstand  $\Delta_{III}$  zwischen den Rasterelementen 24, 26 der Rasterbereiche 27 und 31. Dies bewirkt, dass trotz der stärker brechenden Wirkung der Rasterelemente 24 des Typs I im Vergleich zum Typ III das auf das zugehörige Rasterelement 26 auftreffende Teilbündel 25 unabhängig vom Typ I oder III in der x-Dimension die gleiche Ausdehnung  $x_0$  hat. Auch der schwächer brechende Typ III der Rasterelemente 24 erreicht dann über das Objektfeld 3 eine stärker konzentrierte Intensitätswirkung, da aufgrund des größeren Abstandes  $\Delta_{III}$  das Teilbündel 25<sub>III</sub> auf die gleiche x-Dimension  $x_0$  gesammelt wird wie das Teilbündel 25<sub>I</sub>. Im Bereich des Objektfeldes 3 wird hierdurch der Intensitätsverlauf 33, der vom Typ III herrührt, hin zum

strichpunktiert dargestellten Intensitätsverlauf 34 angehoben. Integriert über das Objektfeld 3 liefern damit die beiden unterschiedlich brechenden Typen I und III den gleichen Intensitätsbeitrag, der sich lediglich in seinem konkav bzw. konvex gekrümmten Verlauf aufgrund der unterschiedlichen  
5 konischen Konstanten der Typen I und III unterscheidet. Die unterschiedlich brechende Wirkung der Typen I und III führt also zur Möglichkeit einer Offset-Korrektur der Intensität über das genutzte Objektfeld 3, was in der Figur 4 mit „E-Offset“ und einen längs der Intensitätsachse verlaufenden Doppelpfeil angedeutet ist.

10

Die brechende Wirkung des Typs II der Rasterelemente 24 in den Rasterbereichen 28, 30 liegt zwischen den brechenden Wirkungen der Typen I und III, so dass sich für den Typen II ein entsprechender, intensitätsangleichender Effekt ergibt. Bei der schematischen Darstellung des Rastermoduls  
15 13 nach Fig. 2 sind in den Rasterbereichen 28, 30 zwei unterschiedliche Abstände  $\Delta$  zwischen den zugeordneten Rasterelementen 24, 26 wiedergegeben, so dass eine elementweise Abstufung der zweiten Rasteranordnung  
15 vorliegt. Die zweiten Rasterelemente 26 der zweiten Rasteranordnung 15 können alternativ auch mit einheitlichem Abstand  $\Delta$  zu den zugehörigen  
20 Rasterelementen 24 der ersten Rasteranordnung 12 vorliegen, wie in der Fig. 2 gestrichelt bei 35 dargestellt. Es liegt dann ein einheitlicher Abstand  $\Delta_{II}$  vor.

Der Abstandsverlauf mit den unterschiedlichen Abständen  $\Delta_I$ ,  $\Delta_{II}$  und  $\Delta_{III}$   
25 wird durch eine über die x-Richtung dachfirstartig verlaufende Stärkenvariation der zweiten Rasteranordnung 15 erreicht. Die zweite Rasteranordnung 15 hat im Zentrum, also im Rasterbereich 29, eine größte Rasterstärke  $S_I$  und am Rand, also in den Rasterbereichen 27, 31, eine geringste Stärke  $S_{III}$ . Die in der z-Richtung gemessene Stärke  $S$  nimmt bei der durchgezogen-

genen Darstellung der zweiten Rasteranordnung 15 elementweise über Abstandsstufen 36 ab.

Die Abstände  $\Delta$  zwischen den Rasteranordnungen 12, 15 sind in den Fig. 2 sowie 5 ff. im Vergleich zur jeweiligen x-Dimension der Rasterelemente 24, 26 stark übertrieben dargestellt.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen beispielhaft, welche absolute Abstands- bzw. Luftspaltänderung bei einer Änderung der konischen Konstante C oder bei einer Änderung des Krümmungsradius des jeweiligen ersten Rasterelements 24 erforderlich ist. Die Änderung der konischen Konstante C ist in der ersten Tabelle mit  $\Delta C$  bezeichnet.

Eine Änderung der konischen Konstante C von 0,05 erfordert beispielsweise zur Kompensation eine Änderung des Abstands  $\Delta$  von 13  $\mu\text{m}$ .

Die Änderung des Radius ist in der zweiten nachfolgenden Tabelle prozentual angegeben.

$\Delta C$	Luftspaltänderung [ $\mu\text{m}$ ]
0,05	13
0,1	27
0,2	53
0,3	80

20

Radienänderung [%]	Luftspaltänderung [ $\mu\text{m}$ ]
1	16
2	29
3	45
5	74

Fig. 3 zeigt eine beispielhafte Quadrupol-Beleuchtung der ersten Rasteranordnung 12 und damit des Rastermoduls 13 des Beleuchtungssystems 5 der Projektionsbelichtungsanlage 1. Beleuchtet wird die erste Rasteranordnung 5 12 mit insgesamt vier Teilbündeln, die auf der ersten Rasteranordnung 12 an den Ecken einer Raute auftreffen. Im zentralen Rasterbereich 29 treffen dabei zwei Teilbündel 25 auf, die in der y-Richtung jeweils nahe den beiden Rändern des Rasterbereichs 29 liegen. In den Rasterbereichen 27 und 31 trifft jeweils eines der Teilbündel 25 in der y-Richtung mittig auf die 10 erste Rasteranordnung 12 auf. Aufgrund der unterschiedlichen Typen I und III der Rasterelemente 24 erfolgt bei dieser Quadrupol-Beleuchtung eine Kompensation einer aufgrund anderer optischer Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage 1 herrührenden Variation einer Elliptizität der Beleuchtung des Objektfeldes 3.

15 Die Elliptizität ist eine Messgröße zur Beurteilung der Qualität der Ausleuchtung des Objektfeldes 3 in der Objektebene 4. Die Bestimmung der Elliptizität erlaubt dabei eine genauere Aussage über die Verteilung der Energie bzw. Intensität über eine Eintrittspupille des Projektionsobjektivs 20 21. Hierzu wird die Eintrittspupille des Projektionsobjektivs 21 in acht Oktanten unterteilt, die wie mathematisch üblich entgegen dem Uhrzeigersinn von  $O_1$  bis  $O_8$  durchnummeriert sind. Der Energie- bzw. Intensitätsbeitrag, den die Oktanten  $O_1$  bis  $O_8$  der Eintrittspupille zur Beleuchtung eines Feldpunktes beitragen, wird nachfolgend als Energie- bzw. Intensitätsbeitrag  $I_1$  25 bis  $I_8$  bezeichnet.

Man bezeichnet als  $-45^\circ/45^\circ$ -Elliptizität ( $E_{-45^\circ/45^\circ}$ ) nachfolgende Größe

$$E_{-45^\circ/45^\circ} = \frac{I1 + I2 + I5 + I6}{I3 + I4 + I7 + I8}$$

5 und als  $0^\circ/90^\circ$ -Elliptizität ( $E_{0^\circ/90^\circ}$ ) nachfolgende Größe

$$E_{0^\circ/90^\circ} = \frac{I1 + I8 + I4 + I5}{I2 + I3 + I6 + I7}.$$

Die asphärische Form der ersten Rasterelemente 24 wird durch einen  
 10 mehrstufigen Formprozess erzeugt. Hierbei wird zunächst die Rasteranord-  
 nung 12 mit Rasterelementen 24 mit ein und derselben konischen Konstan-  
 te hergestellt. Anschließend wird eine gewünschte Variation der konischen  
 Konstanten und damit die Ausbildung der verschiedenen Typen I, II, III  
 durchgeführt. Hierbei ergibt sich auch der jeweilige Unterschied in den  
 15 Linsenradien der Typen I bis III und damit deren unterschiedliche brechen-  
 de Wirkung. Alternativ ist es möglich, die Rasteranordnung 12 mit den  
 verschiedenen Linsenradien der Typen I bis III in einem einzigen Ferti-  
 gungsschritt zu strukturieren.

20 Fig. 5 zeigt eine weitere elementweise abgestufte Ausführung eines Ras-  
 termoduls 13. Komponenten und Wirkungen, die denjenigen entsprechen,  
 die vorstehend unter Bezugnahme auf die Ausführung nach den Fig. 1 bis 4  
 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden  
 nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

25

Bei der Ausführung des Rastermoduls 13 nach Fig. 5 ist die erste Rasteran-  
 ordnung 12 dachfirstartig elementweise abgestuft. Es resultiert im zentralen



Rasterbereich 29 ein geringster Abstand  $\Delta_I$  zwischen den zugeordneten Rasterelementen 24 und 26 und randseitig ein größter Abstand  $\Delta_{III}$  zwischen den zugeordneten Rasterelementen 24 und 26. Analog zu dem, was vorstehend im Zusammenhang mit der Ausführung nach Fig. 2 bereits er-  
5 läutert wurde, erfolgt auch hier eine Abstandskompensation der unterschiedlichen einschnürenden Wirkungen der Typen I und III der Rasterelemente 24 auf die Teilbündel  $25_I$  und  $25_{III}$ , so dass diese auf den Rasterelementen 26 der zweiten Rasteranordnung 15 wiederum die gleiche x-Erstreckung  $x_0$  aufweisen. Es resultiert die gleiche Offset-Kompensation  
10 der unterschiedlichen Intensitätsverläufe, die vorstehend im Zusammenhang mit der Fig. 4 bereits diskutiert wurde.

Fig. 6 zeigt eine weitere Variante eines Rastermoduls 13. Komponenten und Wirkungen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezug-  
15 nahme auf die Ausführung nach den Fig. 1 bis 5 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

Die Rasteranordnung 12 nach Fig. 6 ist invertiert dachfirstartig ausgeführt,  
20 hat also im Bereich des Zentrums eine geringste Stärke  $S_3$  und randseitig eine größte Stärke  $S_1$ . Zudem sind bei der Ausführung der ersten Rasteranordnung 12 nach Fig. 6 die Typen I bis III der ersten Rasterelemente 24 invertiert über die x-Dimension der ersten Rasteranordnung 12 verteilt.

25 Zentral, also im Rasterbereich 29, liegt der Typ III mit der schwächsten brechenden Wirkung vor. Randseitig, also in den Rasterbereichen 27, 31, liegen die Rasterelemente 24 des Typs I, also die am stärksten brechenden Rasterelemente 24, vor. Dazwischen, also in den Rasterbereichen 28 und 30, sind wiederum die Rasterelemente 24 des Typs II angeordnet. Auch die

Rasteranordnung 12 nach Fig. 6 liegt elementweise abgestuft mit Abstandsstufen 36 vor.

Der im Vergleich zum Abstand  $\Delta_I$  große Abstand  $\Delta_{III}$  kompensiert die im Vergleich zum Typ I geringere brechende Wirkung des Typs III, so dass auch beim Rastermodul 13 nach Fig. 6 unabhängig vom Typ I bis III auf den Rasterelementen 26 die Teilbündel  $25_I$  bis  $25_{III}$  mit der gleichen x-Erstreckung  $x_0$  vorliegen.

10 Fig. 7 zeigt eine weitere Variante eines Rastermoduls 13. Komponenten und Wirkungen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Ausführung nach den Fig. 1 bis 6 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

15 Bei der Fig. 7 liegt im Unterschied zum Rastermodul 13 nach Fig. 6 nicht die erste Rasteranordnung 12, sondern die zweite Rasteranordnung 15 als invers dachfirstartig ausgebildetes Element mit zentral geringster Stärke  $S_{III}$  und randseitig größter Stärke  $S_I$  vor. Es resultiert eine entsprechende kompensatorische Wirkung der Abstände  $\Delta_I$  und  $\Delta_{III}$  auf die Teilbündel  $25_I$  und  $25_{III}$ , wie vorstehend im Zusammenhang mit dem Rastermodul 13 nach Fig. 6 bereits erläutert.

25 Fig. 8 zeigt eine weitere Variante eines Rastermoduls 13. Komponenten und Wirkungen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Ausführung nach den Fig. 1 bis 7 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

Beim Rastermodul 13 nach Fig. 8 liegen beide Rasteranordnungen 12, 15 dachfirstartig elementweise abgestuft vor. Die beiden Dachfirste der Rasteranordnungen 12, 15 sind einander zugewandt, so dass im Rasterbereich 29 ein geringster Abstand  $\Delta_I$  und randseitig ein größter Abstand  $\Delta_{III}$  zwischen den Rasterelementen 24, 26 vorliegt. Die Anordnung des Rastermoduls 13 nach Fig. 8 wird dann gewählt, wenn die Typen I und III einen im Vergleich zur Anordnung nach den Fig. 2 und 5 stärkeren Unterschied in ihrer brechenden Wirkung haben.

10 Fig. 9 zeigt eine weitere Variante eines Rastermoduls 13. Komponenten und Wirkungen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Ausführung nach den Fig. 1 bis 8 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

15 Bei der Ausführung nach Fig. 9 liegen anders als bei den vorstehend beschriebenen Ausführungen nach den Fig. 2 sowie 5 bis 8 lediglich drei Rasterbereiche, nämlich die Rasterbereiche 37, 38 und 39 vor. Die erste Rasteranordnung 12 des Rastermoduls 13 nach Fig. 9 hat in der schematischen Darstellung nach Fig. 9 in der x-Richtung wiederum insgesamt sieben der ersten Rasterelemente 24. Die Rasterelemente 24 in den Rasterbereichen 37 und 39 gehören zum stärker brechenden Typ I. Die Rasterelemente 24 der ersten Rasteranordnung 12 im zentralen Rasterbereich 38 gehören zum schwächer brechenden Typ III. In den Rasterbereichen 37 und 39 liegen  
20 jeweils zwei Rasterelemente 24 des Typs I vor. Im Rasterbereich 38 liegen  
25 drei nebeneinander liegende Rasterelemente 24 des Typs III vor.

Zwischen den Rasterbereichen 37 und 38 einerseits und zwischen den Rasterbereichen 38 und 39 andererseits weist die erste Rasteranordnung 12

jeweils eine Abstandsstufe 40 auf. Ein Abstand  $\Delta_I$  zwischen den Raster-  
elementen 24 im Rasterbereich 37 und den zugeordneten Rasterelementen  
26 der zweiten Rasteranordnung 15 ist kleiner als ein Abstand  $\Delta_{III}$  der ers-  
ten Rasterelemente 24 im Rasterbereich 38 und den zugeordneten zweiten  
5 Rasterelementen 26. Es ergibt sich eine entsprechende Kompensation der  
unterschiedlichen brechenden Wirkungen der Typen I und III über die un-  
terschiedlichen Abstände  $\Delta_I$  und  $\Delta_{III}$ , wie vorstehend im Zusammenhang  
mit dem Rastermodul 13 nach Fig. 6 bereits erläutert.

10 Fig. 10 zeigt eine weitere Variante eines Rastermoduls 13. Komponenten  
und Wirkungen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezug-  
nahme auf die Ausführungen nach den Fig. 1 bis 8 und insbesondere nach  
der Fig. 9 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und  
werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

15 Beim Rastermodul 13 nach Fig. 10 ist die erste Rasteranordnung 12 invers  
zur Rasteranordnung 12 nach Fig. 9 ausgeführt. Im zentralen Rasterbereich  
38 liegen die Rasterelemente 24 des stärker brechenden Typs I und in den  
randseitigen Rasterbereichen 37 und 39 liegen die Rasterelemente 24 des  
20 schwächer brechenden Typs III vor. Aufgrund des im Vergleich zum Ab-  
stand  $\Delta_I$  nun randseitig größeren Abstandes  $\Delta_{III}$  ergibt sich eine kompensatorische  
Wirkung, wie im Zusammenhang mit der Ausführung des Raster-  
moduls 13 nach Fig. 5 bereits erläutert.

25 Bei der mikrolithographischen Herstellung eines mikro- bzw. nanostrukturierten  
Bauelements mit der Projektions-Belichtungsanlage 1 wird ein Substrat  
bereitgestellt, auf das zumindest teilweise eine Schicht aus einem  
lichtempfindlichen Material aufgebracht ist. Bei dem Substrat handelt es  
sich in der Regel um einen Wafer. Weiterhin wird ein Retikel bereitgestellt,

das die abzubildenden Strukturen aufweist. Mit der Projektions-  
Belichtungsanlage 1 wird dann wenigstens ein Teil des Retikels auf einen  
Bereich der lichtempfindlichen Schicht auf dem Substrat projiziert.

- 5 Anhand der Fig. 11 wird nachfolgend eine weitere Variante eines Raster-  
moduls 13 erläutert. Komponenten und Wirkungen, die denjenigen ent-  
sprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Ausführungen nach  
den Fig. 1 bis 10 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugszif-  
fern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

10

- Beim Rastermodul 13 nach Fig. 11 sind die beiden Rasteranordnungen 12,  
15 mit reflektierenden ersten Rasterelementen 24 und mit reflektierenden  
zweiten Rasterelementen 26 ausgeführt. Anstelle einer unterschiedlichen  
brechenden Wirkung haben die Rasterelemente 24 der ersten Rasteranord-  
15 nung 12 bei der Ausführung nach Fig. 11 eine über ihre Reflexion unter-  
schiedliche bündelbeeinflussende Wirkung. So kann das in der Fig. 11 zu-  
oberst dargestellte Rasterelement 24<sub>III</sub> des Typs III eine am wenigsten stark  
ein Teilbündel 25<sub>III</sub> bündelnde Wirkung haben und das in der Fig. 11 unten  
dargestellte Rasterelement 24<sub>I</sub> des Typs I kann eine das Teilbündel 25<sub>I</sub> am  
20 stärksten bündelnde Wirkung haben. Die bündelnde Wirkung des dazwi-  
schen dargestellten Rasterelements 24<sub>II</sub> auf das Teilbündel 25<sub>II</sub> liegt zwi-  
schen den beiden bündelnden Wirkungen der Rasterelemente 24<sub>I</sub> und 24<sub>III</sub>.

- Die beiden Rasteranordnungen 12, 15 sind räumlich so zueinander ange-  
25 ordnet, dass für eine optische Weglänge  $\Delta$  zwischen einem der ersten Ras-  
terelemente 24 und einem diesem zugeordneten zweiten Rasterelement 26  
der zweiten Rasteranordnung 15 folgende Relation gilt:

$$\Delta_I < \Delta_{II} < \Delta_{III}.$$

Es resultiert aufgrund dieser individuellen Abstandszuordnung  $\Delta_I$  bis  $\Delta_{III}$  zum Typ I bis III des ersten Rasterelements 24 eine kompensierende Wirkung, wie vorstehend beispielsweise im Zusammenhang mit dem Rastermodul 13 nach Fig. 2 bereits erläutert.

Die beiden Rasteranordnungen 12, 15 der vorstehend erläuterten Ausführungsformen können auch in umgekehrter Reihenfolge im Strahlengang des Beleuchtungslichts 8 angeordnet sein.

10

Fig. 12 zeigt schematisch eine weitere Ausführung des Rastermoduls 13 mit Rasteranordnungen 12, 15 mit Rasterelementen 24, 26. Komponenten und Funktionen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Ausführungen nach den Fig. 1 bis 11 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

15

Beim Rastermodul 13 nach Fig. 12 sind die beiden Rasteranordnungen 12, 15 in der z-Richtung, also senkrecht zu den von den beiden Rasteranordnungen 12, 15 aufgespannten xy-Ebenen, links eines Verstellweges  $\Delta_z$  verlagert. Bei der in der Fig. 12 dargestellten Ausführung wird hierzu die zweite Rasteranordnung 15 in der z-Richtung verlagert. Hierzu ist die zweite Rasteranordnung 15 mit einer Verlagerungseinrichtung 41 mechanisch verbunden. Hierbei kann es sich um eine zur Verlagerung optischer Komponenten gebräuchliche Linear-Verstelleinheit oder um einen mikro-

20  
25

mechanischen Aktor handeln.

Im Strahlengang nach der zweiten Rasteranordnung 15 ist ein für das Beleuchtungslicht 8 teildurchlässiger Auskoppelspiegel 42 angeordnet. Über diesen wird ein Teilstrahl 43 des Beleuchtungslichts 8 hin zu einem ortsempfindlichen Detektor 44, beispielsweise hin zu einem CCD-Array, geleitet. Über eine nicht in der Zeichnung dargestellte zentrale Steuereinrichtung steht der Detektor 44 mit der Verlagerungseinrichtung 41 in Signalverbindung. Der Detektor 44 erfasst eine Beleuchtungsintensitätsverteilung des Teilstrahls 43, aus der auf eine Beleuchtungsintensitätsverteilung und/oder auf eine Beleuchtungswinkelverteilung des Beleuchtungslichts 8 in der Objektebene 4 geschlossen werden kann.

Über die  $\Delta_Z$ -Verlagerung der Rasteranordnung 15 relativ zur Rasteranordnung 12 lässt sich eine Offset-Korrektur der Intensität über das genutzte Objektfeld 3 erreichen, wie vorstehend im Zusammenhang mit der Fig. 4 bereits erläutert. Je größer ein Abstand Z zwischen den beiden Rasteranordnungen 12, 15 ist, desto kleiner ist eine x-Erstreckung des Beleuchtungsfeldes, so dass die Intensität im Objektfeld 3 stärker konzentriert wird.

Weiterhin lässt sich über die  $\Delta_Z$ -Verlagerung ein Offset der Elliptizität, also beispielsweise der Größen  $E_{.45^\circ/45^\circ}$  und/oder  $E_{0^\circ/90^\circ}$  herbeiführen, die vorstehend bereits diskutiert wurden. Auch eine Uniformität (uniformity) einer Ausleuchtung des Objektfelds 3 lässt sich über die  $\Delta_Z$ -Verlagerung einstellen. Die Uniformität ist definiert als die normierte scanintegrierte Gesamtenergie SE (x) an einem x-Wert im Objektfeld 3, also an einer Feldhöhe. Es gilt für die Uniformität U:

$$U \text{ (in Prozent)} = 100 (SE (x_{\max}) - SE (x_{\min})) / (SE (x_{\max}) + SE (x_{\min}))$$

SE ( $x_{\max}$ ) ist hierbei die Gesamtenergie am x-Wert  $x_{\max}$ , an dem die höchste scanintegrierte Gesamtenergie vorliegt. SE ( $x_{\min}$ ) ist hierbei die Gesamtenergie am x-Wert  $x_{\min}$ , an dem die kleinste scanintegrierte Gesamtenergie vorliegt.

5

Weiterhin lässt sich über die  $\Delta_z$ -Verlagerung eine Offset-Korrektur einer Telezentrie herbeiführen.

Die Telezentrie ist eine Messgröße für eine Beleuchtungswinkel-

10 Schwerpunktlage der Energie bzw. Intensität der Beleuchtungslichtbeaufschlagung des Objektfeldes 3.

In jedem Feldpunkt des ausgeleuchteten Objektfeldes ist ein Schwerstrahl eines diesem Feldpunkt zugeordneten Lichtbüschels definiert. Der Schwerstrahl hat dabei die energiegewichtete Richtung des von diesem Feldpunkt ausgehenden Lichtbüschels. Im Idealfall verläuft bei jedem Feldpunkt der Schwerstrahl parallel zum von der Beleuchtungsoptik bzw. dem Projektionsobjektiv 21 vorgegebenen Hauptstrahl.

15

20 Die Richtung des Hauptstrahls  $\vec{s}_0(x, y)$  ist anhand der Designdaten der Beleuchtungsoptik bzw. des Projektionsobjektivs 21 bekannt. Der Hauptstrahl ist an einem Feldpunkt definiert durch die Verbindungslinie zwischen dem Feldpunkt und dem Mittelpunkt der Eintrittspupille des Projektionsobjektivs 21. Die Richtung des Schwerstrahls an einem Feldpunkt  $x, y$  im Objektfeld in der Objektebene 4 berechnet sich zu:

25

$$\vec{s}(x, y) = \frac{1}{\vec{E}(x, y)} \int dudv \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} E(u, v, x, y).$$



$E(u, v, x, y)$  ist die Energieverteilung für den Feldpunkt  $x, y$  in Abhängigkeit von den Pupillenkoordinaten  $u, v$ , also in Abhängigkeit vom Beleuchtungswinkel, den der entsprechende Feldpunkt  $x, y$  sieht.

$\tilde{E}(x, y) = \int dudvE(u, v, x, y)$  ist dabei die Gesamtenergie, mit der der Punkt  $x, y$  beaufschlagt wird.

Ein z. B. mittlerer Objektfeldpunkt  $x_0, y_0$  sieht die Strahlung von Strahlungs-Teilbündeln aus Richtungen  $u, v$ , die durch die Position der jeweiligen Rasterelemente 26 auf der zweiten Rasteranordnung 15 definiert ist.

10 Der Schwerstrahl  $s$  verläuft bei dieser Beleuchtung nur dann längs des Hauptstrahls, wenn sich die verschiedenen Energien bzw. Intensitäten der den Rasterelementen 26 zugeordneten Strahlungs-Teilbündel bzw. Ausleuchtungskanäle zu einer über alle Rasterelemente 26 integrierten Schwerstrahlrichtung zusammensetzen, die parallel zu einer Hauptstrahlrichtung

15 des Beleuchtungslichts 8 verläuft. Dies ist nur im Idealfall so. In der Praxis existiert eine Abweichung zwischen der Schwerstrahlrichtung  $\vec{s}(x, y)$  und der Hauptstrahlrichtung  $\vec{s}_0(x, y)$ , die als Telezentriefehler  $\vec{i}(x, y)$  bezeichnet wird:

$$20 \quad \vec{i}(x, y) = \vec{s}(x, y) - \vec{s}_0(x, y)$$

Korrigiert werden muss im praktischen Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage 1 nicht der lokale Telezentriefehler an einem bestimmten Objektfeldort  $(x, y)$ , sondern der bei  $x = x_0$  scanintegrierte Telezentriefehler. Dieser ergibt sich zu:

$$\vec{T}(x_0) = \frac{\int dy \tilde{E}(x_0, y) \vec{i}(x_0, y)}{\int dy \tilde{E}(x_0, y)}.$$

Es wird also der Telezentriefehler korrigiert, den ein durch das Objektfeld 3 in der Objektebene 4 während des Scannens laufender Punkt ( $x$ , z. B.  $x_0$ ) auf dem Retikel energiegewichtet aufintegriert erfährt. Unterschieden  
5 kann dabei zwischen einem x-Telezentriefehler und einem y-Telezentriefehler werden. Der x-Telezentriefehler  $T_x$  ist als Abweichung des Schwerstrahls vom Hauptstrahl senkrecht zur Scanrichtung, also über die Feldhöhe, definiert. Der y-Telezentriefehler  $T_y$  ist als die Abweichung des Schwerstrahls vom Hauptstrahl in Scanrichtung definiert.

10

Über den Detektor 44, die zentrale Steuereinrichtung und die Verlagerungseinrichtung 41 ist eine Regelung der Beleuchtungsparameter möglich, so dass das Rastermodul 13 als Korrekturlement arbeiten kann, das im Betrieb zu einer Nachführung von Istwerten der Beleuchtungsparameter  
15 an vorgegebene Sollwerte genutzt werden kann. Hierzu wertet die zentrale Steuereinrichtung die vom Detektor 44 ermittelten Beleuchtungsparameter des Teilstrahls 43 aus, aus denen auf die Beleuchtungsparameter des Beleuchtungslichts 8 zurückgeschlossen werden kann. Je nach den auf diese Weise ermittelten Istwerten der Beleuchtungsparameter erfolgt dann eine  
20 Verstellung der zweiten Rasteranordnung 15 mit Hilfe einer entsprechenden Ansteuerung der Verlagerungseinrichtung 41 über die zentrale Steuereinrichtung.

Fig. 13 zeigt in einer zu Fig. 12 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung  
25 eines Rastermoduls 13 mit anderen Verlagerungs-Freiheitsgraden zwischen den beiden Rasteranordnungen 12 und 15. Komponenten, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die vorstehend beschriebenen Ausführungen und insbesondere unter Bezugnahme

auf die Ausführung nach Fig. 12 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

Beim Rastermodul 13 nach Fig. 13 kann das zweite Rastermodul 15 relativ  
5 zum ersten Rastermodul 12 längs Verstellwegen  $\Delta_X$ ,  $\Delta_Y$  in der x-Richtung und in der y-Richtung verlagert werden. Hierzu hat das Rastermodul 13 wiederum eine Verlagerungseinrichtung 41, die mechanisch an das zweite Rastermodul 15 angekoppelt ist.

10 Über eine  $\Delta_X$  bzw.  $\Delta_Y$ -Verlagerung der zweiten Rasteranordnung 15 relativ zur ersten Rasteranordnung 12 lässt sich eine relative x- bzw. y-Position des Beleuchtungsfeldes zum Objektfeld 3 vorgeben. Eine Kipp-Abhängigkeit der Telezentrie über die Feldhöhe x, ein sogenannter Telezentrietilt, sowie eine Kipp-Abhängigkeit der Elliptizität über die Feldhöhe x können  
15 durch eine  $\Delta_X$  bzw.  $\Delta_Y$ -Verlagerung ebenfalls eingestellt werden.

Über eine zusätzliche  $\Delta_Z$ -Verlagerung, die beim Rastermodul 13 nach Fig. 13 entsprechend den Ausführungen zum Rastermodul 13 nach Fig. 12 ebenfalls vorhanden sein kann, lässt sich beispielsweise zusammenwirkend  
20 mit einer  $\Delta_X$  bzw.  $\Delta_Y$ -Verlagerung ein Intensitäts-Offset des Beleuchtungslichts 8 über das Objektfeld 3 einstellen.

Wenn das Rastermodul eine Rasteranordnung, beispielsweise die Rasteranordnung 12, mit Unterteilung in Rasterbereiche mit unterschiedlicher  
25 bündelbeeinflussender Wirkung, beispielsweise entsprechend den Rasterbereichen 27 bis 31 nach Fig. 3 aufweist, führt eine  $\Delta_X$  bzw.  $\Delta_Y$ -Verlagerung zu einer Kipp-Veränderung der Elliptizität über das Objektfeld 3. Dies kann zur Einstellung eines Ellipsentilts über die Feldhöhe x genutzt werden.

Auch das Rastermodul 13 nach Fig. 13 kann eine Parameterregelung über einen Detektor und die zentrale Steuereinrichtung aufweisen, wie vorstehend im Zusammenhang mit dem Rastermodul 13 nach Fig. 12 erläutert.

5

Fig. 14 zeigt in einer zu Fig. 12 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung eines Rastermoduls 13 mit anderen Verlagerungs-Freiheitsgraden zwischen den beiden Rasteranordnungen 12 und 15. Komponenten, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die vorstehend beschriebenen Ausführungen und insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführung nach Fig. 12 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

Beim Rastermodul 13 nach Fig. 14 ist wiederum die zweite Rasteranordnung 15 relativ zur ersten Rasteranordnung 12 längs der z-Richtung verlagerbar. Hierbei sind die einzelnen Rasterelemente 26 der zweiten Rasteranordnung 15 individuell und unabhängig voneinander um Verstellwege  $\Delta_{z1}$ ,  $\Delta_{z2}$ , ...,  $\Delta_{zN}$  verlagerbar. Jedes der Rasterelemente 26 ist dabei mit einer zugeordneten Verstelleinrichtung 41 mechanisch gekoppelt, wie dies in der Fig. 14 schematisch angedeutet ist. Die Verlagerungseinrichtungen 41 sorgen für die individuelle Verlagerung der Rasterelemente 26 in der z-Richtung. Jedem der Rasterelemente 26 kann eine eigene Verlagerungseinrichtung 41 zugeordnet sein. Die Verlagerung der Rasterelemente 26 über die Verlagerungseinrichtungen 41 wird wiederum über die nicht dargestellte zentrale Steuereinrichtung gesteuert. Auch beim Rastermodul 13 nach Fig. 14 kann eine Beleuchtungsparameterregelung über einen Detektor und die zentrale Steuereinrichtung erfolgen, wie vorstehend im Zusammenhang mit dem Rastermodul 13 nach Fig. 12 erläutert.

Durch die lokale Variation der Abstände  $\Delta_{z_i}$  wird abhängig von der Position des jeweils z-verlagerten Rasterelements 26 eine mit dem zugehörigen Ausleuchtungskanal vorgegebene Größe des zu diesem Ausleuchtungskanal gehörenden Beleuchtungsfeld-Anteils einstellbar vorgegeben. Es ergibt  
5 sich eine Einstellmöglichkeit für den Ellipsenoffset. Ein Verlauf der Ellipse über das Objektfeld 3 kann beispielsweise durch eine Variation der Abstände  $\Delta_{z_i}$  mit vorgegebener Verteilung beeinflusst werden. Hierdurch ist die Möglichkeit einer Korrektur der Ellipse gegeben. Auch die Uniformität kann durch eine Variation der Abstände  $\Delta_{z_i}$  eingestellt werden.

10

Die vorstehend erläuterten Verlagerungseinrichtungen 41 können bei den Rastermodulen 13 nach den Fig. 12 bis 14 so ausgeführt sein, dass eine periodische Verlagerung mindestens eines Abschnitts der ersten Rasteranordnung 12, also mindestens eines der Rasterelemente 24, einer Gruppe der  
15 Rasterelemente 24 oder der gesamten ersten Rasteranordnung 12, relativ zumindestens einem Abschnitt der zweiten Rasteranordnung 15, also relativ zumindestens einem Rasterelement 26, zumindestens einer Gruppe von Rasterelementen 26 oder relativ zur gesamten zweiten Rasteranordnung 15, mit einer Periode stattfindet, die klein ist gegenüber einer Beleuchtungsdauer des Objekt- bzw. Beleuchtungsfeldes 3. Eine Verlagerungseinrichtung 41, die eine derartige periodische Verlagerung ermöglicht, wird auch  
20 als Wobbler bezeichnet.

Ein derartiger Wobbler verlagert die Rasteranordnung 15 oder Abschnitte  
25 hiervon mit einer derartigen Zeitkonstante, dass sich eine Verschiebung der Ausleuchtungskanäle bei jedem Lichtpuls ergibt, den die primäre Lichtquelle 6 erzeugt. Während der Beleuchtungsdauer der Belichtung eines bestimmten Abschnitts auf einem mit der Projektionsbelichtungsanlage 1 zu belichtenden Wafer erreichen diesen Abschnitt beispielsweise 30 Be-

leuchtungsimpulse der Lichtquelle 6. Während dieser 30 Beleuchtungsimpulse kann eine periodische Verlagerung des Wobblers erfolgen.

Fig. 15 zeigt in einer zu Fig. 12 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung eines Rastermoduls 13 mit anderen Verlagerungs-Freiheitsgraden zwischen den beiden Rasteranordnungen 12 und 15. Komponenten, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die vorstehend beschriebenen Ausführungen und insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführung nach Fig. 12 bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

Eine Verlagerungseinrichtung 41 für die Rasterelemente 26 der zweiten Rasteranordnung 15 gewährleistet eine individuelle x-, y-Verlagerung der Rasterelemente 26 innerhalb von Verlagerungswegen  $\Delta_{X1}, \Delta_{X2}, \dots, \Delta_{XN}$  bzw.  $\Delta_{Y1}, \Delta_{Y2}, \dots, \Delta_{YN}$ . Diese x-, y-Verlagerung führt zu einer pupillenabhängigen Verschiebung der Ausleuchtungskanäle, die sich im Objektfeld 3 verlagern. Dies kann zur Optimierung einer Überlagerung der Ausleuchtungskanäle im Objektfeld 3 und damit zu einer Optimierung der Intensitätsverteilung über das Objektfeld 3 genutzt werden. Die x- bzw. y-Verlagerung  $\Delta_{Xi}, \Delta_{Yi}$  führt zu einer Kippabhängigkeit der Intensitätsverteilung des jeweiligen Ausleuchtungskanals des verstellten Rasterelements 26, was entsprechende Auswirkungen auf die Uniformität hat. Hierüber ist eine Korrektur einer Kipp-Abhängigkeit der Telezentrie möglich.

Die Auswirkungen einer x-Verschiebung von Rasterbereichen einer ersten Rasteranordnung 12 wird nachfolgend anhand der Fig. 16 bis 18 näher erläutert. Komponenten bzw. Funktionen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 15 bereits diskutiert wur-

den, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen erläutert.

Die erste Rasteranordnung 12 nach Fig. 16 hat drei Rasterbereiche 45, 46, 5 47, die sich entsprechend dem, was vorstehend unter Bezugnahme auf die Rasterbereiche 27 bis 31 der ersten Rasteranordnung 12 nach Fig. 3 erläutert wurde, in ihrer bündelbeeinflussenden Wirkung unterscheiden, also beispielsweise Rasterelemente 24 mit unterschiedlichen konischen Konstanten aufweisen.

10

Ausgehend von einer Grundstellung der drei Rasterbereiche 45 bis 47 zueinander wird der in der Fig. 16 linke Rasterbereich 45 gegenüber dem mittleren Rasterbereich 46 um einen Weg  $-\Delta_x$  in der Fig. 16 nach links verlagert und der in der Fig. 16 rechte Rasterbereich 47 wird relativ zum stationären mittleren Rasterbereich 46 um einen Weg  $\Delta_x$  in der Fig. 16 15 nach rechts verlagert.

Die beiden Verlagerungen  $-\Delta_x$ ,  $\Delta_x$  führen zu Änderungen im Intensitätsverlauf über das Objektfeld 3, wie in der Fig. 17 dargestellt. Die Fig. 17 20 zeigt entsprechend der Fig. 4 ein  $I(x)$ -Diagramm der scanintegrierten Intensität über die Feldhöhe  $x$ . Aufgrund der Verlagerung des Rasterbereichs 45 um den Weg  $-\Delta_x$  ergibt sich ein verkippter Intensitätsverlauf 48, wobei die Intensität am in der Fig. 17 linken Rand des Objektfeldes 3 am größten und am in der Fig. 17 rechten Rand des Objektfeldes 3 am geringsten ist.

25 Die Verlagerung des Rasterbereichs 47 um den Weg  $\Delta_x$  führt zu einem Intensitätsverlauf 49 mit gegenläufigem Kipp, bei dem die Intensität am in der Fig. 17 linken Feldrand am geringsten und am in der Fig. 17 rechten Feldrand am größten ist.

Aufgrund der verkippten Intensitätsverläufe 48, 49 ergibt sich ein Telezentrieverlauf 50 über das Objektfeld 3 gemäß Fig. 18. Dies liegt daran, dass am in der Fig. 18 linken Rand des Objektfeldes 3 die Intensitätsbeaufschlagung vom Rasterbereich 47 dominiert und am in der Fig. 18 rechten

5 Rand des Objektfeldes 3 die Intensitätsbeaufschlagung vom Rasterbereich 45.

Anhand der Fig. 19 bis 21 wird der Effekt einer relativen Verlagerung von Rasterbereichen 45, 47 zum stationären mittleren Rasterbereich 46 der

10 zweiten Rasteranordnung 15 auf bestimmte Beleuchtungsparameter der Beleuchtung des Objektfeldes 3 erläutert. Komponenten, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Erläuterung auf die Fig. 1 bis 18 und insbesondere unter Bezugnahme auf die Fig. 16 bis 18 bereits diskutiert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im

15 Einzelnen beschrieben.

Im Unterschied zur Fig. 16, wo die erste Rasteranordnung 12 dargestellt ist, ist in der Fig. 19 die zweite Rasteranordnung 15 dargestellt.

20 Ausgehend wiederum von einer Grundstellung der Rasterbereiche 45 bis 47 zueinander wird bei der Verlagerung nach Fig. 19 der Rasterbereich 45 gegenüber dem Rasterbereich 46 in der Fig. 19 nach rechts um einen Weg  $\Delta_x$  und der Rasterbereich 47 wird relativ zum mittleren stationären Rasterbereich 46 ebenfalls um einen Weg  $\Delta_x$  verschoben. Die beiden äußeren

25 Rasterbereiche 45, 47 werden also beide relativ zum mittleren Rasterbereich 46 in der gleichen Richtung, nämlich in positiver x-Richtung, verschoben.



Der mittlere Rasterbereich 46 einerseits und die beiden äußeren Rasterbereiche 45, 47 andererseits sind aus Rasterelementen unterschiedlicher bündelbeeinflussender Wirkung aufgebaut. Der mittlere Rasterbereich 46 weist Rasterelemente eines ersten bündelbeeinflussenden Typs I, beispielsweise mit einer ersten konischen Konstante, auf. Die beiden äußeren Rasterbereiche 45, 47 weisen Rasterelemente 26 eines zweiten Typs II mit anderer bündelbeeinflussender Wirkung, insbesondere mit im Vergleich zum Typ I anderer konischer Konstante, auf.

10 Aufgrund der Verschiebungen  $\Delta_x$  der beiden äußeren Rasterbereiche 45, 47 zum mittleren Rasterbereich 46 ergibt sich ein Kipp der feldabhängigen Intensitätsverteilung des Typs II derart, dass am linken Feldrand eine höhere Intensität ankommt als am rechten Feldrand (vergleiche Intensitätsverlauf 51 in der Fig. 20). Da der mittlere Rasterbereich 46 nicht verlagert wird, ergibt sich keine Änderung von dessen Intensitätsverlauf 52 über das Objektfeld 3.

Aufgrund des Kipps des Intensitätsverlaufs 51 ergibt sich ein entsprechender Kipp eines Elliptizitätsverlaufs 53, der in der Fig. 21 dargestellt ist. Beim dort dargestellten Elliptizitätsverlauf 53 kann es sich um den Verlauf der Elliptizität  $E_{-45^\circ/45^\circ}$  oder um den Verlauf der Elliptizität  $E_{0^\circ/90^\circ}$  handeln. Der Kipp des Elliptizitätsverlaufs 53 führt am in der Fig. 21 rechten Rand des Objektfeldes 3 zu einem Elliptizitäts-Offset 54.

25 Die Verstellwege  $\Delta_x$ ,  $\Delta_y$  für die Rasteranordnungen 12, 15 bzw. die Gruppen oder Bereiche von Rasterelementen 24, 26 oder für die einzelnen Rasterelemente 24, 26 können um eine Grundstellung in einen Bereich von -10  $\mu\text{m}$  bis +10  $\mu\text{m}$  liegen. Die absoluten Gesamt-Verstellwege können also 20  $\mu\text{m}$  betragen. Ein absoluter  $\Delta_z$ -Verstellweg für die Rasteranord-

- 40 -

nungen 12, 15 bzw. die Gruppen oder Bereiche von Rasterelementen 24, 26 oder für die einzelnen Rasterelemente 24, 26 kann 30 µm betragen.

Die Verlagerung in der z-Richtung stellt eine Verlagerung im Wesentlichen  
5 längs einer Strahlrichtung des Beleuchtungslichts dar. Die x- bzw. y-  
Verlagerung stellt eine Verlagerung im Wesentlichen quer zur Strahlrichtung  
des Beleuchtungslichts 8 dar.

Alternativ kann die Verlagerungseinrichtung 41 auch so ausgeführt sein,  
10 dass eine der beiden Rasteranordnungen 12, 15 relativ zur anderen der beiden  
Rasteranordnungen 15, 12 beispielsweise um eine zur x-Achse oder  
um eine zur y-Achse parallele Schwenkachse schwenkbar ist. In diesem  
Fall ist die Verlagerungseinrichtung 41 als Schwenkantrieb für zumindest  
eine der beiden Rasteranordnungen 12, 15 ausgeführt.

15

Die vorstehend beschriebenen Typen von Rasterelementen können je nach  
Ausführung des Rastermoduls Teile der ersten Rasteranordnung 12  
und/oder Teile der zweiten Rasteranordnung 15 sein.

## Patentansprüche

1. Beleuchtungssystem (5) für die Mikro-Lithographie zur Beleuchtung eines Beleuchtungsfeldes (3) mit Beleuchtungslicht (8) einer primären  
5 Lichtquelle (6),
- mit einer ersten Rasteranordnung (12) mit bündelformenden ersten Rasterelementen (24), die in einer ersten Ebene (11) des Beleuchtungssystems (5) oder benachbart zu dieser angeordnet sind, zur Erzeugung einer Rasteranordnung sekundärer Lichtquellen,
  - 10 - mit einer Übertragungsoptik (15, 17) zur überlagernden Übertragung des Beleuchtungslichts (8) der sekundären Lichtquellen in das Beleuchtungsfeld (3),
  - wobei die Übertragungsoptik (15, 17) eine zweite Rasteranordnung (15) mit bündelformenden zweiten Rasterelementen (26) aufweist,
  - 15 - wobei jeweils eines der Rasterelemente (24) der ersten Rasteranordnung (12) einem der Rasterelemente (26) der zweiten Rasteranordnung (15) zur Führung eines Teilbündels (25) eines gesamten Bündels des Beleuchtungslichts (8) zugeordnet ist,
  - wobei mindestens eine der beiden Rasteranordnungen (12) mindestens zwei Typen (I, II, III) der Rasterelemente (24) aufweist, die  
20 sich in ihrer bündelbeeinflussenden Wirkung unterscheiden,
  - wobei die Rasterelemente (24, 26) der beiden Rasteranordnungen (12, 15) so zueinander angeordnet sind, dass jedem Rasterelement eines der Rasterelement-Typen (I bis III) einer der Rasteranordnungen (12) mindestens ein individueller freier Abstand ( $\Delta_I$ ,  $\Delta_{II}$ ,  
25  $\Delta_{III}$ ) zwischen dem Rasterelement (24) dieses Typs (I bis III) und dem zugeordneten Rasterelement (26) der anderen Rasteranordnung (15) zugeordnet ist.

2. Beleuchtungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Rasteranordnungen (12, 15) mindestens eine Abstandsstufe (36; 40) zwischen einem ersten Rasterbereich (29; 37, 39; 38) mit mindestens einem Rasterelement (24) des ersten Rasterelement-Typs (I) und einem zweiten Rasterbereich (27, 28, 30, 31; 38; 37, 39) mit mindestens einem Rasterelement (24) des zweiten Rasterelement-Typs (II, III) aufweist.  
5
3. Beleuchtungssystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Rasterbereiche (28, 30; 37 bis 39) eine Mehrzahl von Rasterelementen (24) des gleichen Rasterelement-Typs (I bis III) aufweist.  
10
4. Beleuchtungssystem nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine die Abstandsstufe (36; 40) aufweisende Rasterelement (12, 15) im Zentrum des Rasterelements (12, 15) eine größte Stärke ( $S_I$ ) aufweist, die zum Rand hin stufenweise geringer wird.  
15
5. Beleuchtungssystem nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine die Abstandsstufe (36; 40) aufweisende Rasterelement (12, 15) im Zentrum des Rasterelements (12, 15) eine kleinste Stärke  $S_{III}$  aufweist, die zum Rand hin stufenweise größer wird.  
20
6. Beleuchtungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einige der Rasterelement-Typen (I bis III) als asphärische Rasterelemente (24) ausgeführt sind.  
25

7. Beleuchtungssystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rasterelement-Typen (I bis III) eine unterschiedliche konische Konstante (C) aufweisen.
- 5 8. Beleuchtungssystem (5) für die Mikro-Lithographie zur Beleuchtung eines Beleuchtungsfeldes (3) mit Beleuchtungslicht (8) einer primären Lichtquelle (6),
- 10 - mit einer ersten Rasteranordnung (12) mit bündelformenden ersten Rasterelementen (24), die in einer ersten Ebene (11) des Beleuchtungssystems (5) oder benachbart zu dieser angeordnet sind, zur Erzeugung einer Rasteranordnung sekundärer Lichtquellen,
- mit einer Übertragungsoptik (15, 17) zur überlagernden Übertragung des Beleuchtungslichts (8) der sekundären Lichtquellen in das Beleuchtungsfeld (3),
- 15 - wobei die Übertragungsoptik (15, 17) eine zweite Rasteranordnung (15) mit bündelformenden zweiten Rasterelementen (26) aufweist,
- mit einer Verlagerungseinrichtung (41) zur Verlagerung zumindest eines Abschnitts (26; 45, 47) der ersten Rasteranordnung (12) relativ zur zweiten Rasteranordnung (15).
- 20
9. Beleuchtungssystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verlagerungseinrichtung (41) derart ausgeführt ist, dass eine periodische Verlagerung mindestens eines Abschnitts der ersten Rasteranordnung (12) relativ zur zweiten Rasteranordnung (15) mit einer Periode stattfindet, die klein ist gegenüber einer Beleuchtungsdauer des Beleuchtungsfeldes (3) bei der lithographischen Projektionsbelichtung.
- 25

10. Beleuchtungssystem nach Anspruch 8 oder 9, **gekennzeichnet durch**  
- eine Messeinrichtung (44) zur Erfassung einer Beleuchtungsintensitätsverteilung des Beleuchtungslichts (8),  
- mit einer Regeleinrichtung, die mit der Messeinrichtung (44) und der  
5 Verlagerungseinrichtung (41) in Signalverbindung steht.
11. Rasteranordnung (12, 15) mit mindestens zwei Typen (I bis III) von Rasterelementen (24), die sich in ihrer bündelbeeinflussenden Wirkung unterscheiden und mit mindestens einer Abstandsstufe (36; 40) zwischen einer ersten Rasterbereich (29; 27, 31; 37, 39; 38) mit mindestens einem Rasterelement (24) des ersten Rasterelement-Typs (I) und einem zweiten Rasterbereich (27, 28, 30, 31; 28 bis 30; 38; 37, 39) mit mindestens einem Rasterelement (24) des zweiten Rasterelement-Typs (III) aufweist, zum Einsatz in einem Beleuchtungssystem (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.  
10
12. Rasteranordnung (12, 15) mit einer Verlagerungseinrichtung (41) zum Einsatz in einem Beleuchtungssystem (5) nach einem der Ansprüche 8 bis 10.  
15
13. Projektionsbelichtungsanlage (1) mit einem Beleuchtungssystem (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.  
20
14. Verfahren zur mikrolithographischen Herstellung mikrostrukturierter Bauelemente mit folgenden Schritten:  
25
- Bereitstellen eines Substrats, auf das zumindest teilweise eine Schicht aus einem lichtempfindlichen Material aufgebracht ist,
  - Bereitstellen eines Retikels, das abzubildende Strukturen aufweist,,

- 45 -

- Bereitstellen einer Projektionsbelichtungsanlage (1) nach Anspruch 13, wobei die abzubildenden Strukturen im Beleuchtungsfeld angeordnet sind,
- Projizieren wenigstens eines Teils des Retikels auf einen Bereich  
5 der Schicht mit Hilfe der Projektionsbelichtungsanlage (1).

15. Mikrostrukturiertes Bauelement, hergestellt nach einem Verfahren gemäß Anspruch 14.

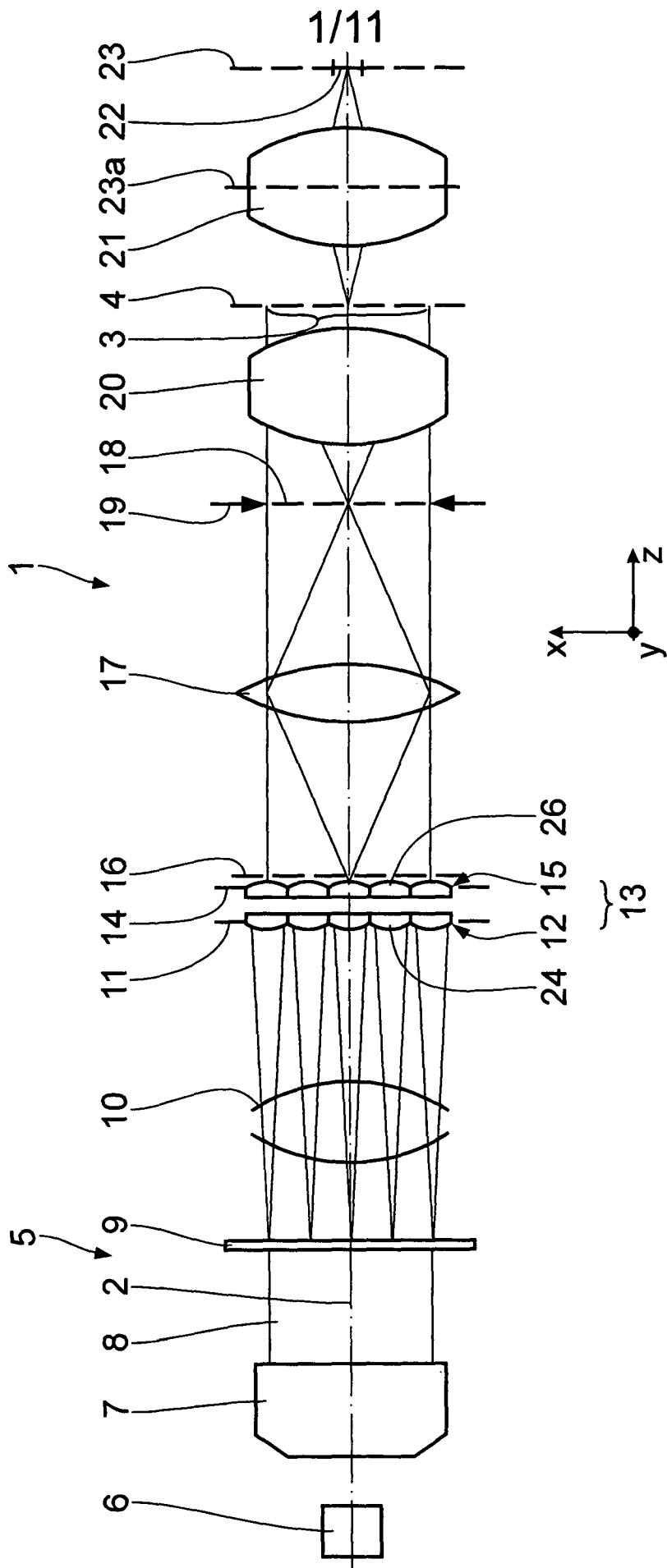


Fig. 1



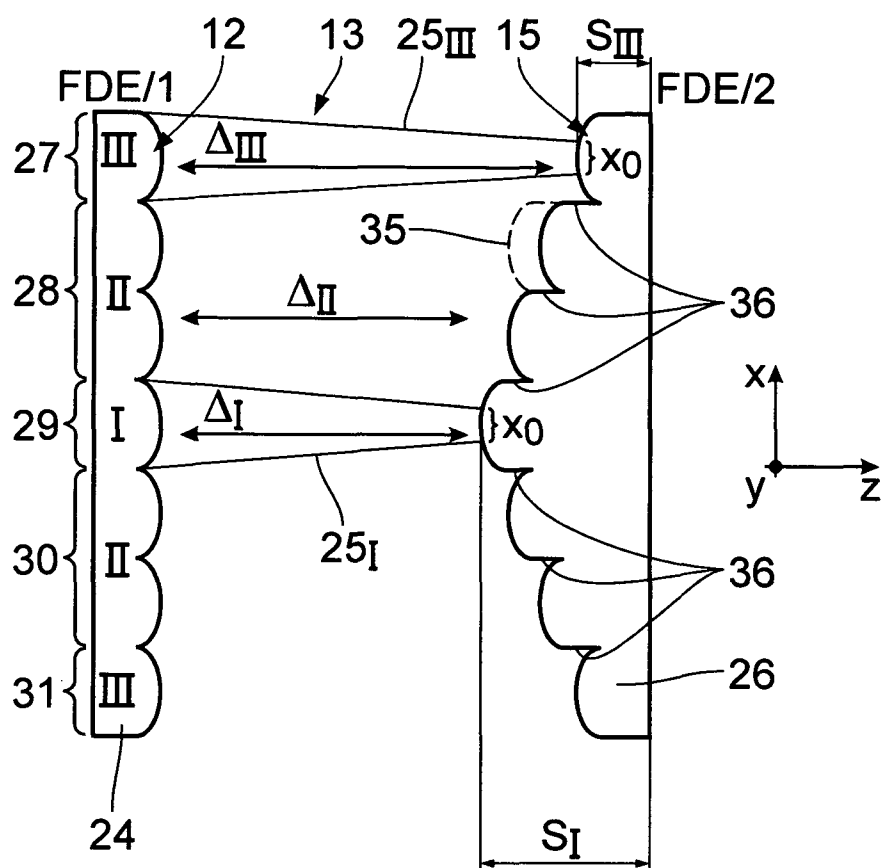


Fig. 2

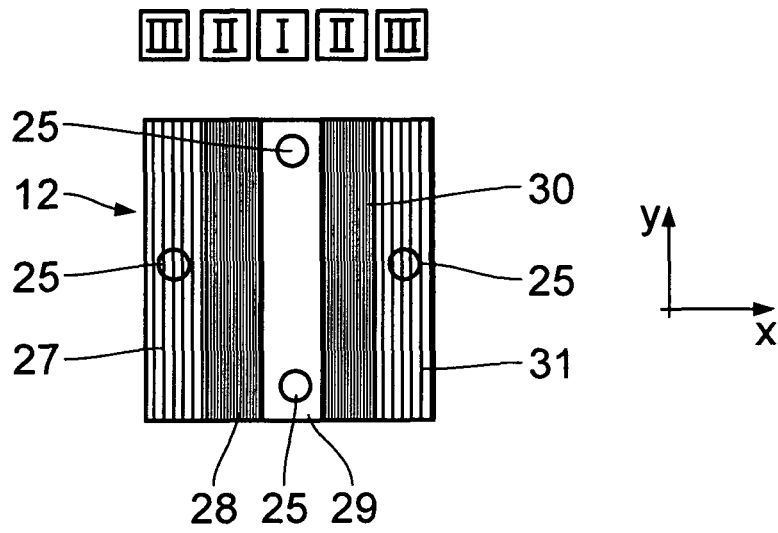


Fig. 3

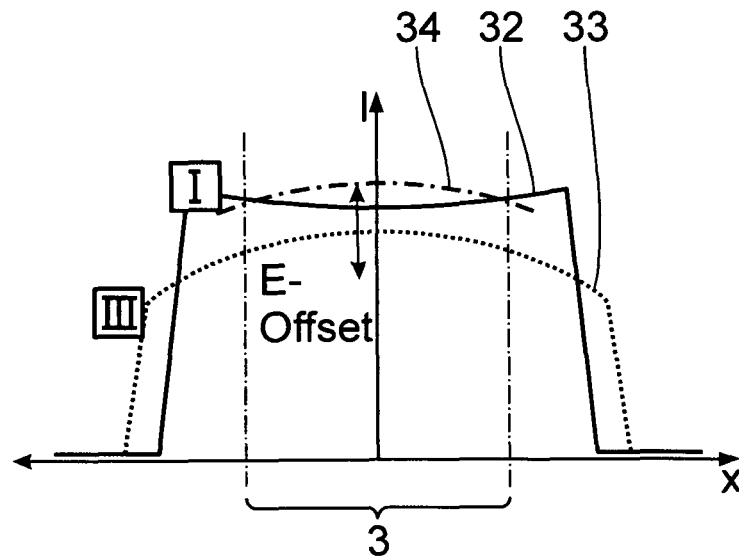


Fig. 4

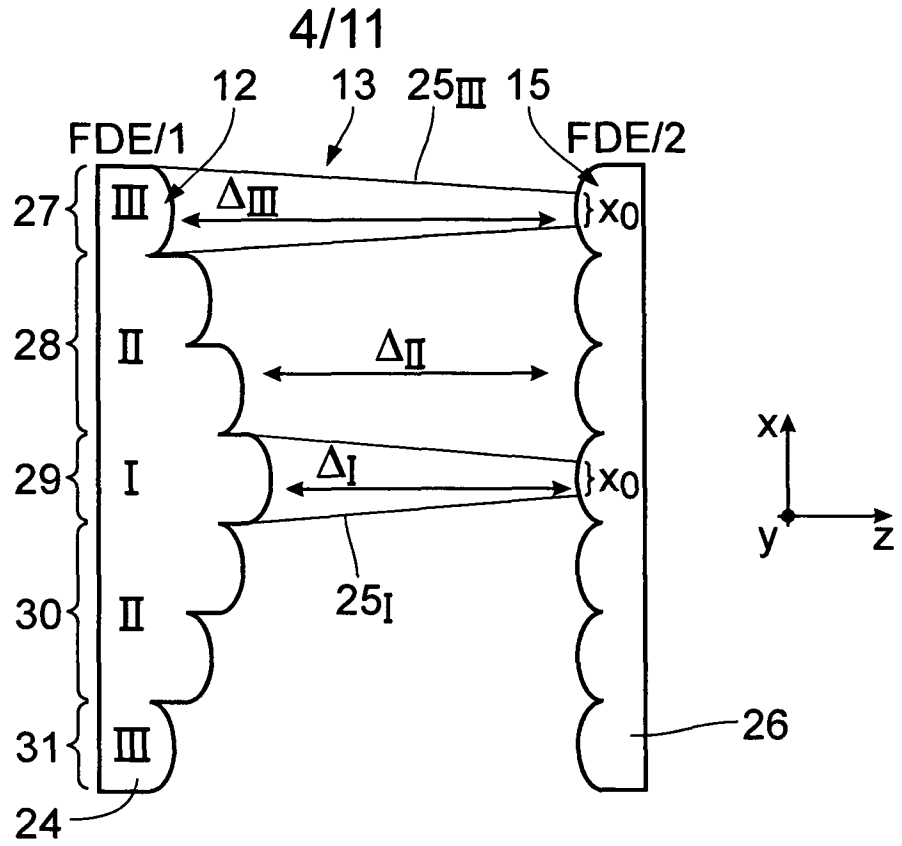


Fig. 5

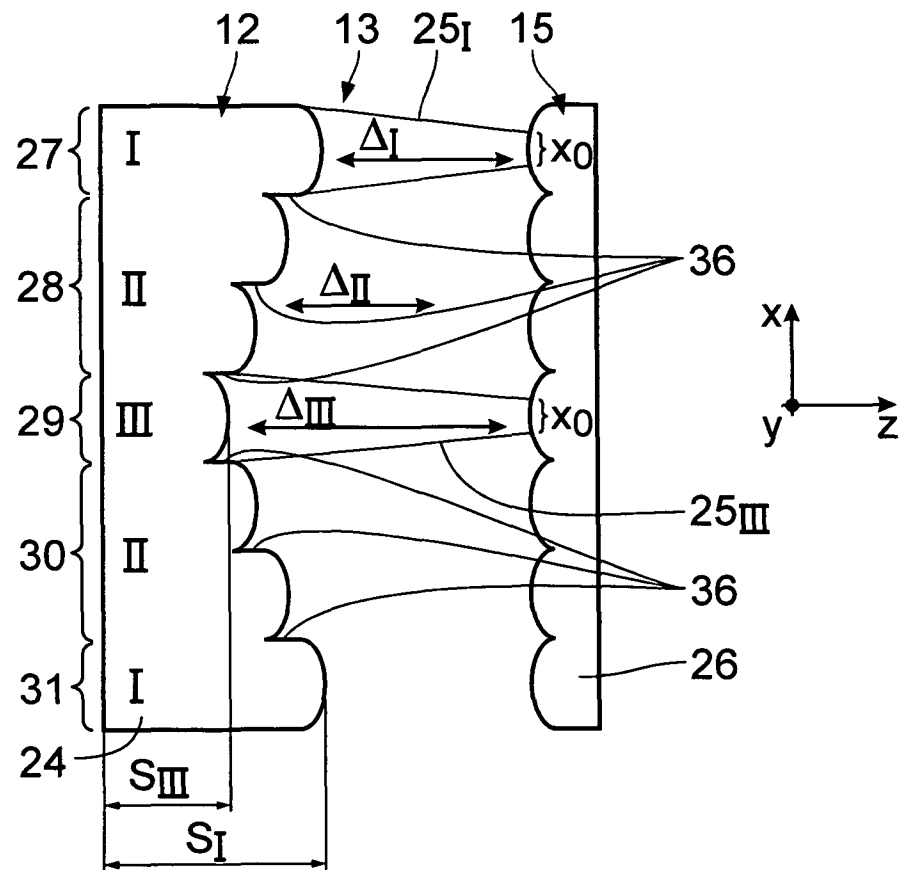


Fig. 6

5/11

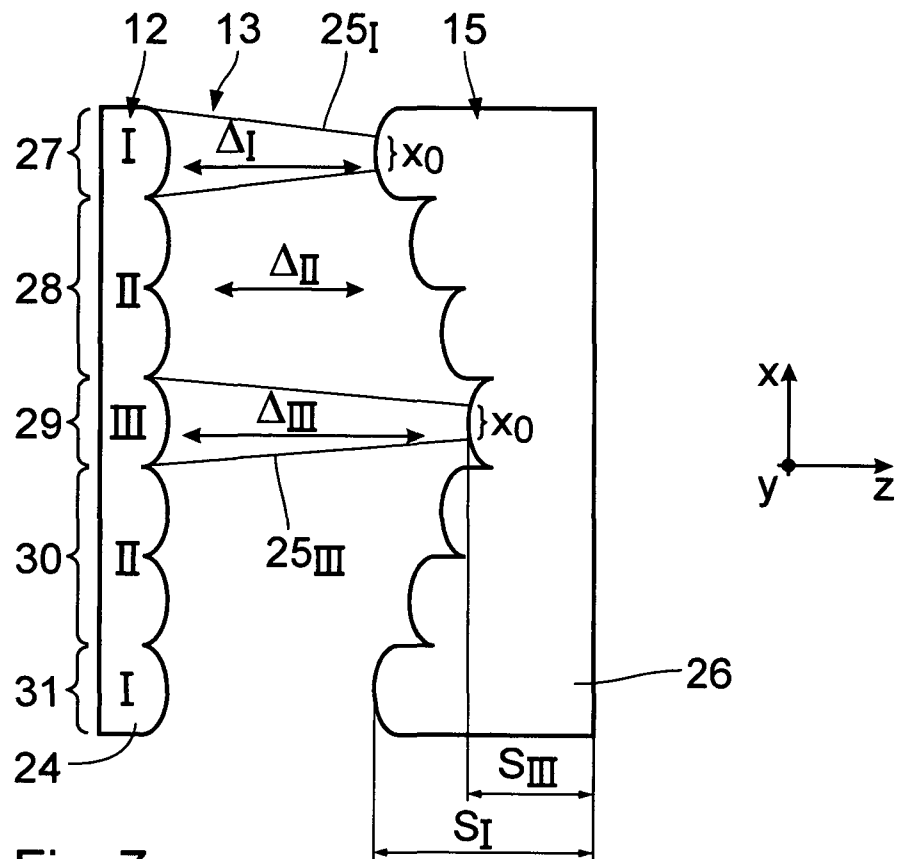


Fig. 7

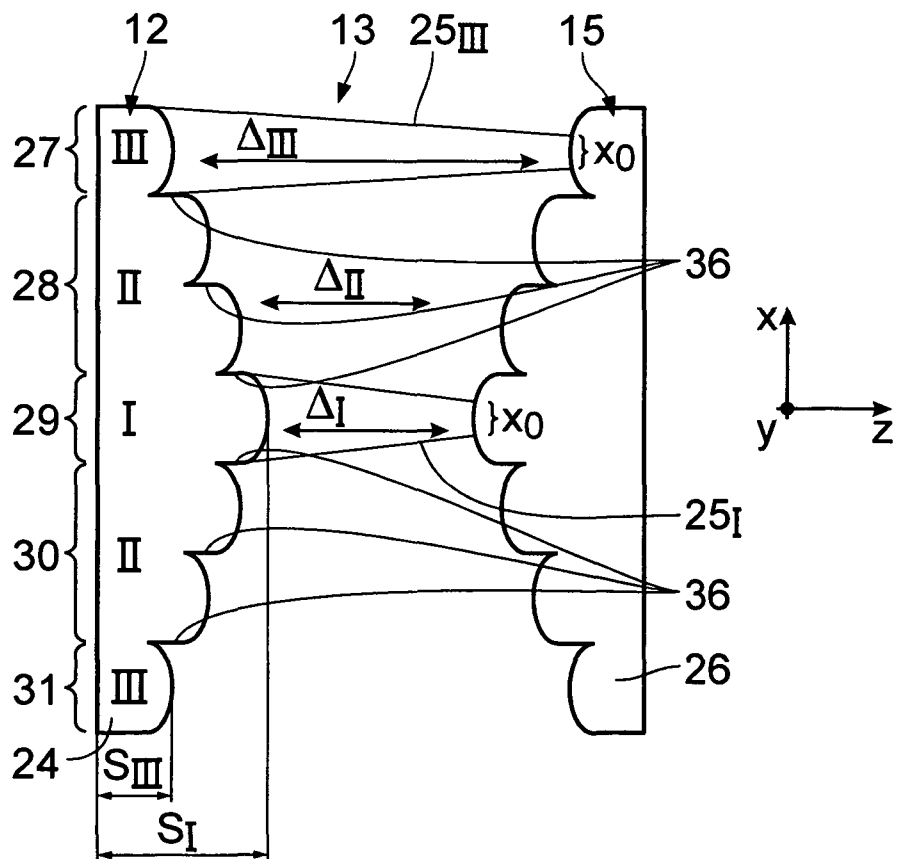
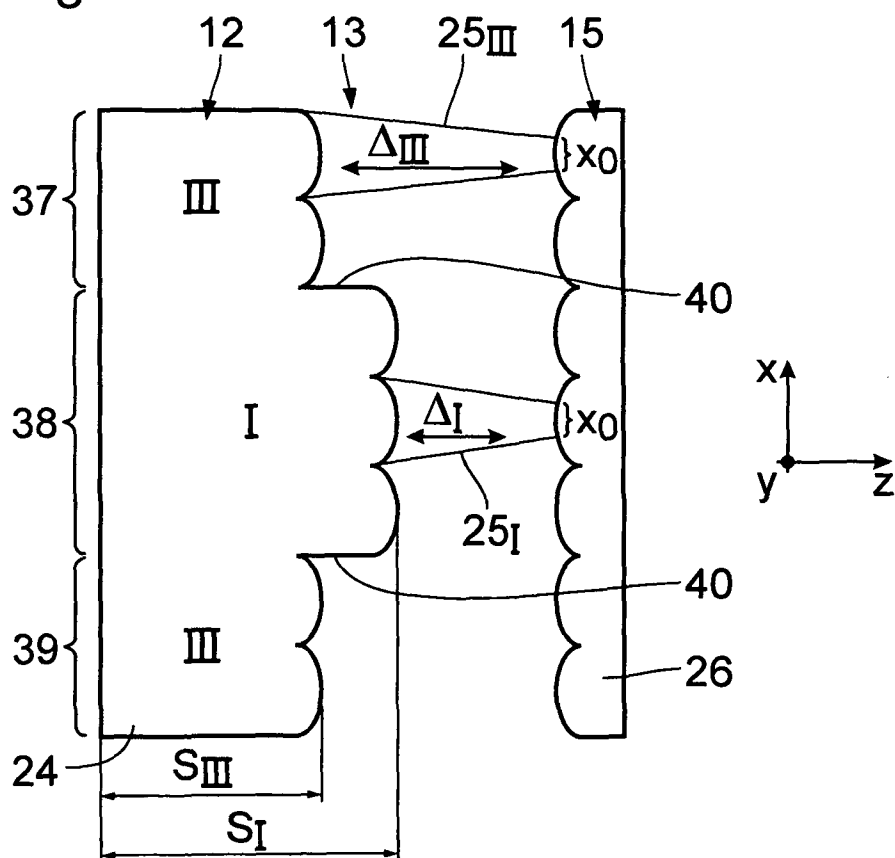
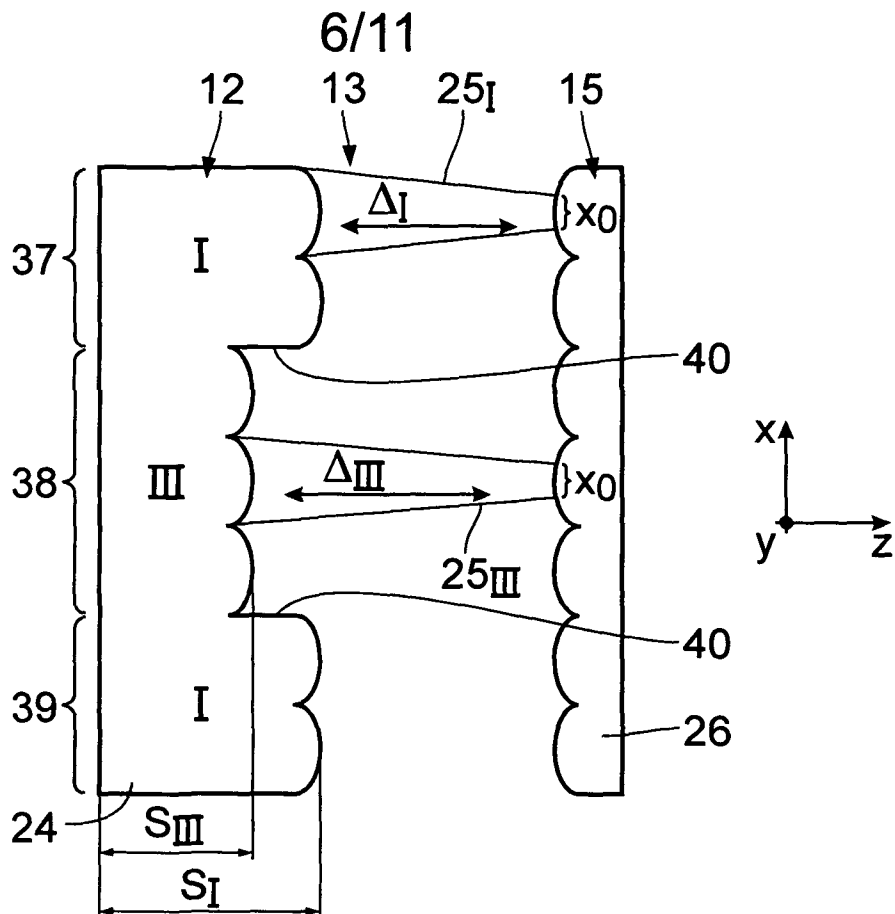


Fig. 8



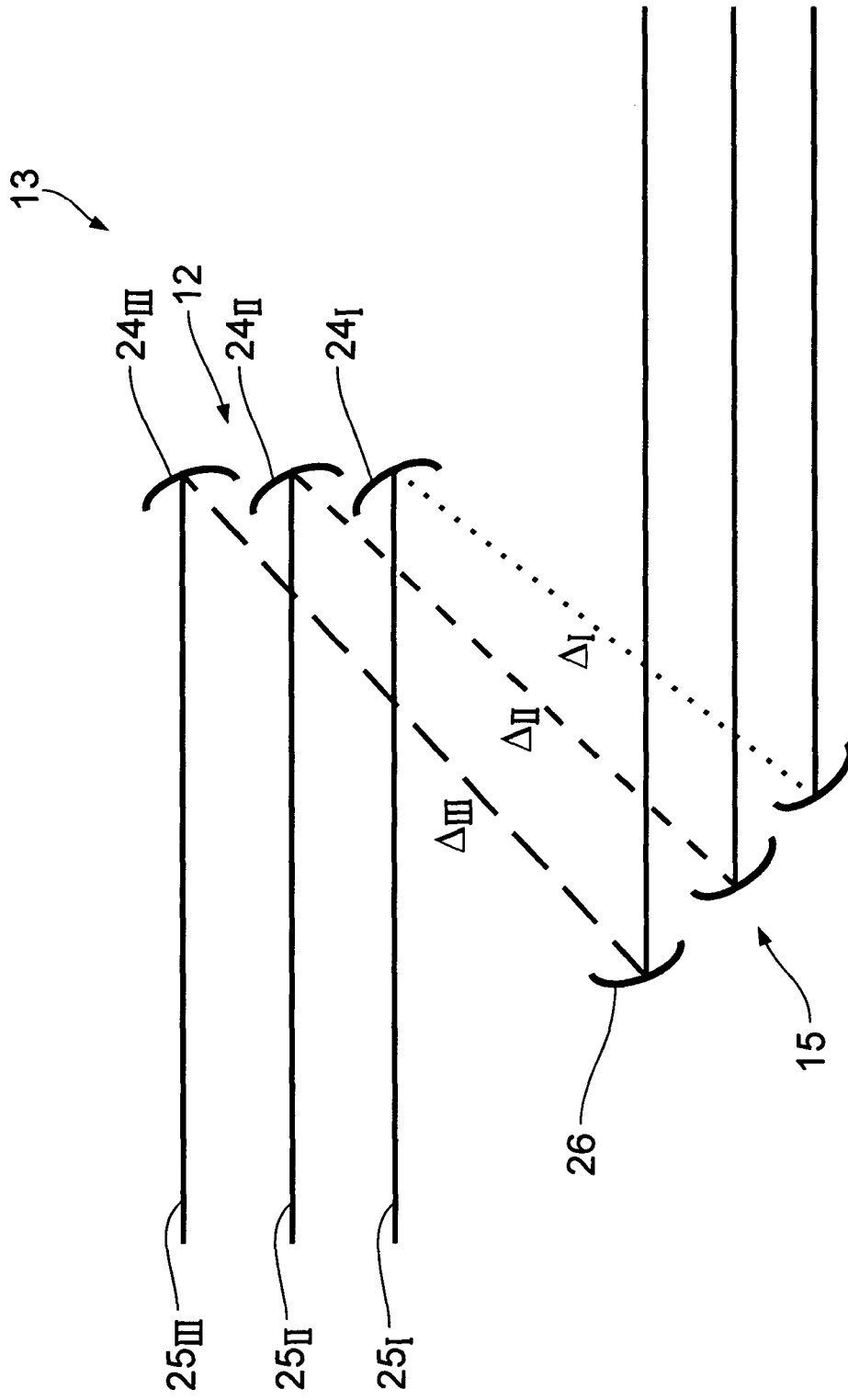


Fig. 11

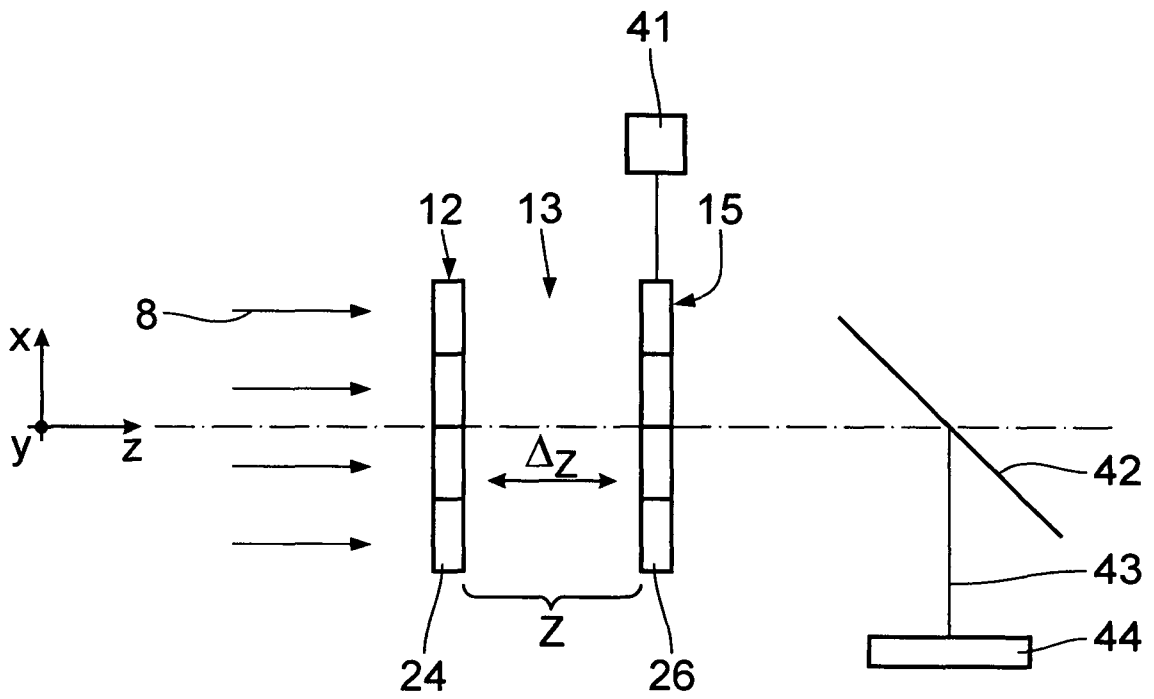


Fig. 12

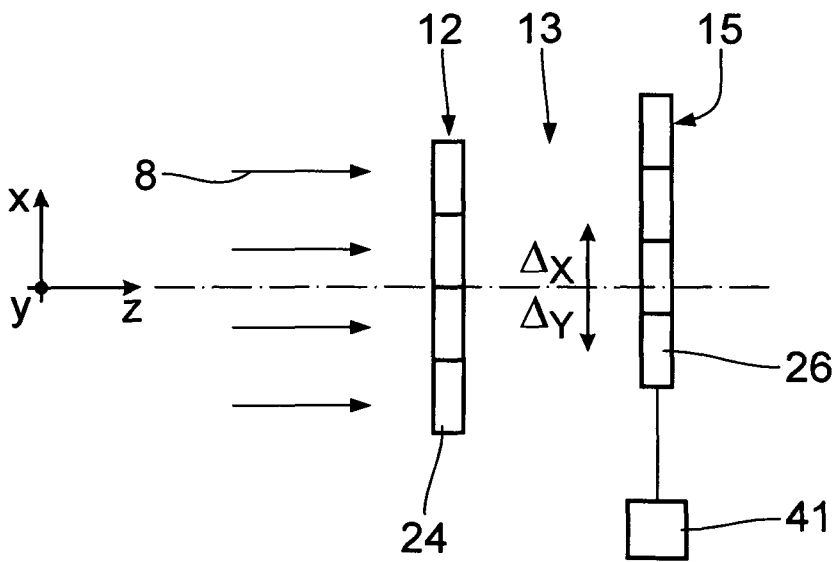
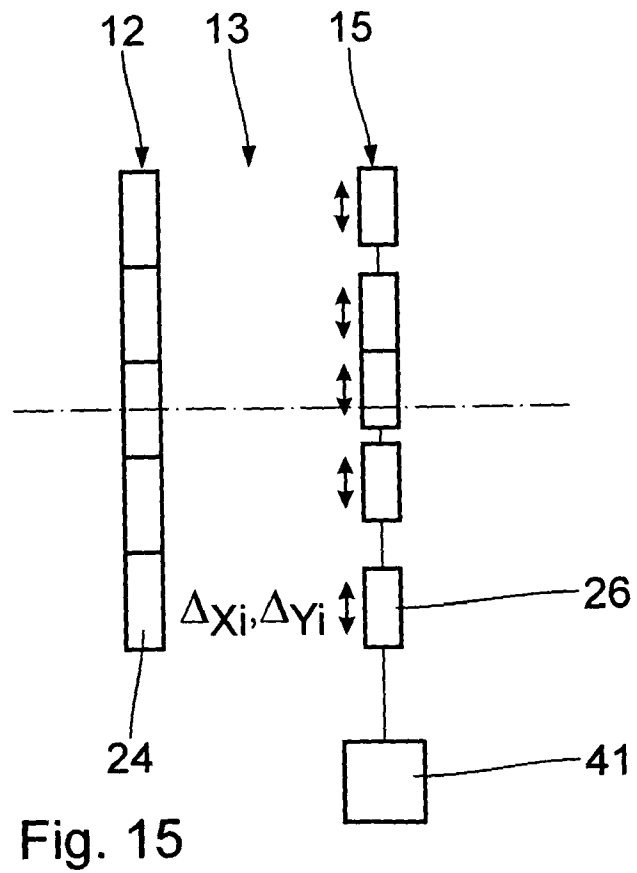
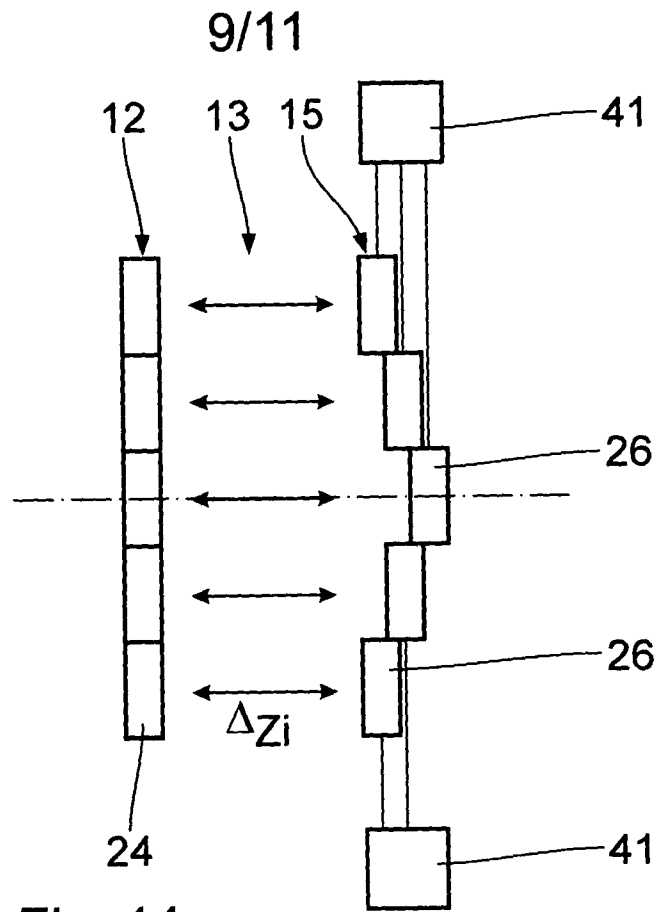


Fig. 13





10/11

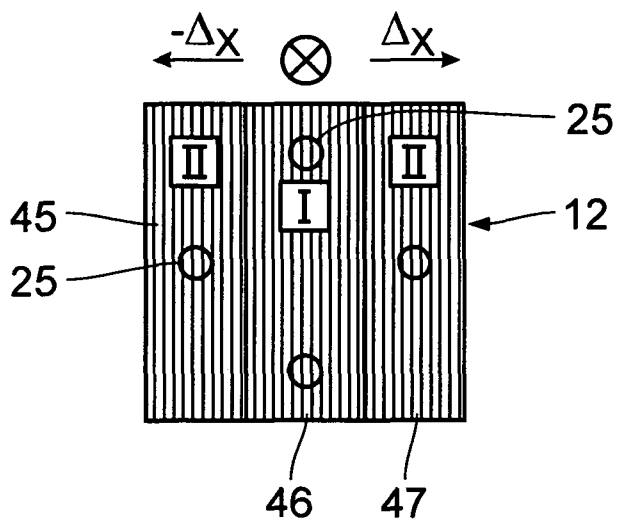


Fig. 16

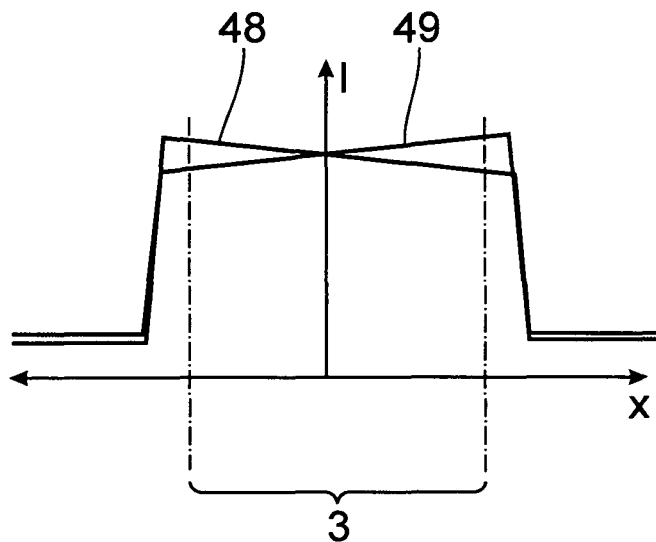


Fig. 17

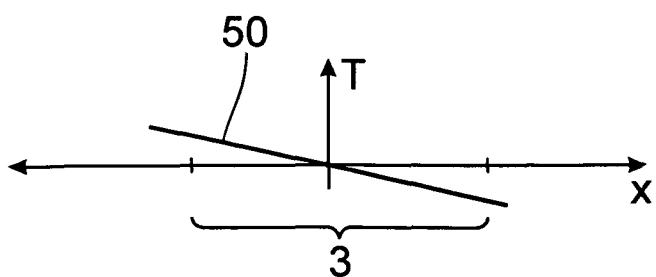


Fig. 18

11/11

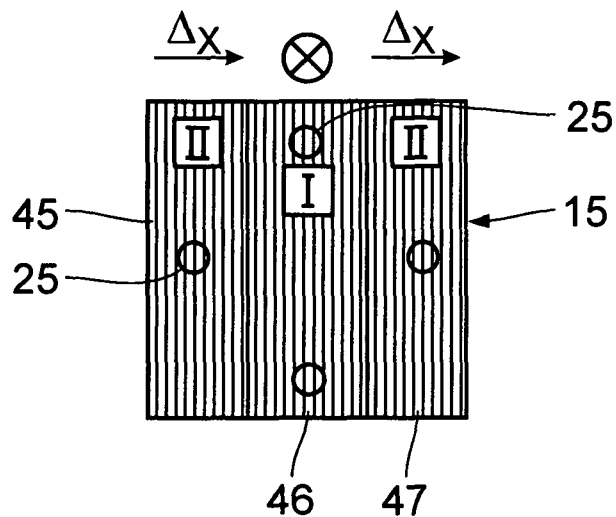


Fig. 19

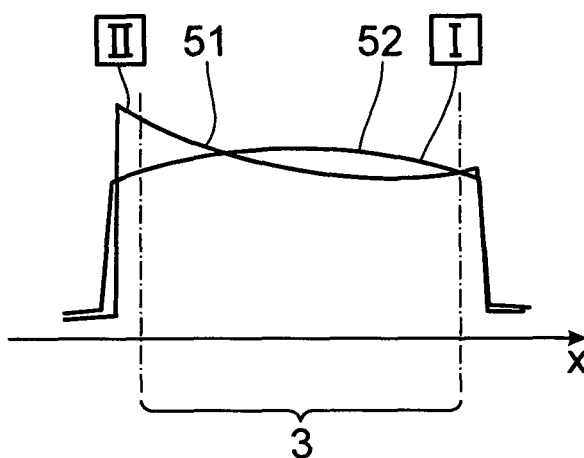


Fig. 20

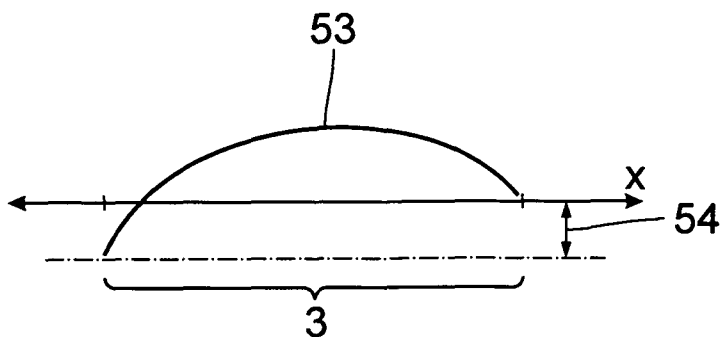


Fig. 21

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2010/000411

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. G03F7/20  
 ADD.  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 G03F H01L G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
 EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 521 111 A1 (ZEISS CARL SMS GMBH [DE]) 6 April 2005 (2005-04-06) figure 1 paragraphs [0023], [0026], [0027], [0028], [0031]	1-7, 11, 13-15
X	US 5 237 367 A (KUDO YUJI [JP]) 17 August 1993 (1993-08-17) figures 1A, 1B, 3B column 1, line 7 - line 10 column 6, line 47 - line 55	8, 10, 12, 15
X	EP 0 844 530 A2 (SVG LITHOGRAPHY SYSTEMS INC [US]) 27 May 1998 (1998-05-27)	15
A	column 1, line 11 - line 15 figure 8 column 6, line 34 - column 7, line 40	1-14
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search  <b>20 April 2010</b>	Date of mailing of the international search report  <b>27/04/2010</b>
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <b>Menck, Alexander</b>
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/000411

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 251 067 A (KAMON KAZUYA [JP])	15
A	5 October 1993 (1993-10-05) abstract figure 2 column 1, line 7 - line 10 claim 1 -----	1-14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2010/000411
---

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1521111	A1	06-04-2005	DE 10345430 A1	02-06-2005
US 5237367	A	17-08-1993	JP 3360686 B2 JP 4225214 A	24-12-2002 14-08-1992
EP 0844530	A2	27-05-1998	CA 2222109 A1 JP 4202452 B2 JP 10189444 A US 5896188 A	25-05-1998 24-12-2008 21-07-1998 20-04-1999
US 5251067	A	05-10-1993	JP 2788791 B2 JP 4305601 A	20-08-1998 28-10-1992

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2010/000411

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. G03F7/20  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G03F H01L G02B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 521 111 A1 (ZEISS CARL SMS GMBH [DE]) 6. April 2005 (2005-04-06) Abbildung 1 Absätze [0023], [0026], [0027], [0028], [0031]	1-7, 11, 13-15
X	US 5 237 367 A (KUDO YUJI [JP]) 17. August 1993 (1993-08-17) Abbildungen 1A, 1B, 3B Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 10 Spalte 6, Zeile 47 - Zeile 55	8, 10, 12, 15
X	EP 0 844 530 A2 (SVG LITHOGRAPHY SYSTEMS INC [US]) 27. Mai 1998 (1998-05-27)	15
A	Spalte 1, Zeile 11 - Zeile 15 Abbildung 8 Spalte 6, Zeile 34 - Spalte 7, Zeile 40	1-14
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
20. April 2010	27/04/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Menck, Alexander
--	---

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 251 067 A (KAMON KAZUYA [JP])	15
A	5. Oktober 1993 (1993-10-05)	
	Zusammenfassung	1-14
	Abbildung 2	
	Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 10	
	Anspruch 1	
	-----	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/000411

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
EP 1521111	A1	06-04-2005	DE	10345430	A1	02-06-2005	
US 5237367	A	17-08-1993	JP	3360686	B2	24-12-2002	
			JP	4225214	A	14-08-1992	
EP 0844530	A2	27-05-1998	CA	2222109	A1	25-05-1998	
			JP	4202452	B2	24-12-2008	
			JP	10189444	A	21-07-1998	
			US	5896188	A	20-04-1999	
US 5251067	A	05-10-1993	JP	2788791	B2	20-08-1998	
			JP	4305601	A	28-10-1992	